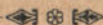


Б. М. Бубекинъ.

Прив.-доц. Императ. Моск. Универ. и преподав. Московск. Императ.  
Технич. Уч-ща.

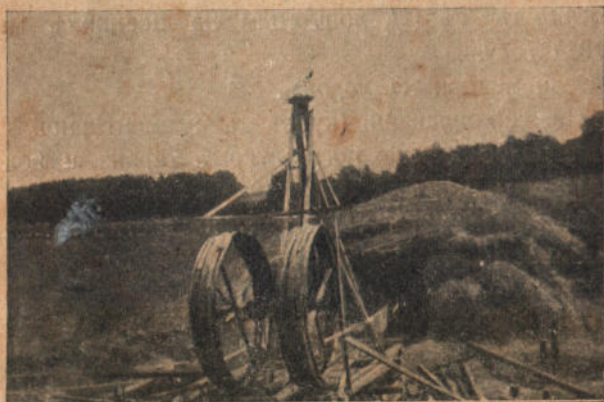
# Плотины и Водяные двигатели

ВЪ СЕЛЬСКОМЪ ХОЗЯЙСТВѢ  
— И —  
МЕЛКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.



(Изысканія, устройство, конструкція и расчетъ плотинъ.  
Колеса и турбины, ихъ устройство, установка и выборъ  
двигателя для данныхъ условій).

Съ 94-мя рисунками.



Издание Т-ва „Агрономъ“ Москва, М. Дмитровка, 3.

1913.

## Того же автора.

1. Дешевое водоснабженіе посредствомъ тарана.
2. Одно видоизмѣненіе въ устройствѣ гидравлическаго тарана.
3. Проектъ моторной лодки для Камчатской экспедиціи.
4. Гидравлическій таранъ. (Удостоено золотой медали Импер. Моск. Ун-томъ).
5. Летательныя машины легче и тяжелѣе воздуха, ихъ пропеллеры и моторы.
6. О легкомъ двигателѣ, его экономичности и испытаніи.
7. Гребной воздушный винтъ и его элементарный расчетъ.
8. Элементы устойчиваго полета аэроплана.
9. О корпусѣ и скорости гоночныхъ моторныхъ лодокъ.
10. Лошадь въ упряжи, велосипедъ и автомобиль.
11. Перелетъ Петербургъ—Москва.
12. О системѣ и конструкціи аэроплановъ.
13. Впечатлѣнія пассажира на аэропланѣ.
14. „Мотосакошъ“ въ  $1\frac{1}{4}$  лош. силы на осеннихъ маневрахъ въ 1911 году.
15. Двигатели моторныхъ лодокъ.
16. Основы воздухоплаванія (курсъ въ элементарной формѣ).
17. Дешевое водоснабженіе посредствомъ тарана и водостолбовой машины.
18. Колодцы и насосы въ сельскомъ хозяйствѣ и мелкой промышленности.





Б. М. Бубекинъ.

Прив.-доц. Имп. Московскаго Ун-та и преподаватель Имп. Моск.  
Техн. Уч-ща.

# ПЛОТИНЫ и ВОДЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

ВЪ СЕЛЬСКОМЪ ХОЗЯЙСТВѢ

— и —

МЕЛКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

ИЗДАНИЕ

Т-ва „АГРОНОМЪ“, Москва, Мал. Дмитровка 3,  
1913.

ПЛОТНЫЕ ВОДНЫЕ ДВУДВУД

В. П. ПЕТЦМАНЪ - КОЗНИКЪ

МЕЖОУ ПРОВОДНОСТЮ

**МОСКВА,**

Типографія, А. П. Петцманъ. Мясницкій проѣздъ, домъ № 2.

1913



## Введеніе. Солнечные лучи поднимають съ поверхности

океановъ и суши воду, затѣмъ, порождая токи воздуха, переносятъ ее въ видѣ облаковъ. Далѣе вода осаждается, падаетъ на землю и поверхность океановъ въ видѣ дождя, снѣга и другихъ метеоровъ. Изъ всего количества выпавшихъ осадковъ на сушу, одна часть снова испаряется, другая, проникая въ землю, даетъ начало грунтовымъ водамъ, третья сбѣгаетъ по естественнымъ наклонамъ, скопляется въ низкихъ мѣстахъ,—даетъ начало болотамъ и ручьямъ и по поверхности земли, явно, у насъ на глазахъ, заканчиваетъ свой круговоротъ, возвращаясь въ море.

Много причинъ—топографическихъ, почвенныхъ, климатическихъ и другихъ управляютъ распредѣленіемъ выпавшей воды.

Насъ интересуетъ именно та часть, которая даетъ начало рѣкамъ, эта часть воды, за исключеніемъ судоходныхъ и сплавныхъ рѣкъ, которыя мы исключаемъ, несетъ въ себѣ огромную энергію, которою можно воспользоваться, устроивъ плотину и поставивъ двигатель. Но не только этимъ исчерпывается значеніе плотинъ—ихъ строятъ для задерживанія весенней воды въ мѣстностяхъ, гдѣ ощущается въ ней недостатокъ, для устройства прудовъ, для укрѣпленія овраговъ и руслъ, для направленія теченія рѣкъ и пр., и пр., и пр.

## ПЛОТИНЫ.

Плотина представляет собою почти всегда дорогое и серьезное сооружение, требующее тщательнаго и аккуратнаго исполненія. Плотины раздѣляютъ въ зависимости отъ ихъ конструкціи на *глухія, водосливныя, створныя и разборчатыя*. Глухія плотины употребляются для образованія прудовъ, когда подпертой водою данъ стокъ по побочному руслу, и для ограниченія разлива воды. Иначе глухая плотина иногда называется *дамбою*. Водосливными называются плотины, служащія для поддержанія въ прудахъ опредѣленной высоты уровня; излишняя вода источника переливается черезъ гребень водосливной плотины. Водосливныя плотины въ Россіи почти не употребляются, т. к. при обычныхъ у насъ весеннихъ паводкахъ стѣсненные ими рѣчки выходили бы изъ береговъ. Лишь въ верховьяхъ рѣкъ, истекающихъ изъ озеръ, можно разсчитывать на благопріятныя условія для ихъ устройства.

Наиболѣе употребительны у насъ створныя плотины, т. е. глухія плотины, снабженныя растворяющимся окномъ для прохода внешнихъ и вообще высокихъ водъ. На рѣкахъ сильно разливающихся, въ особенности съ сильнымъ ледоходомъ устраиваютъ разборчатыя плотины, устанавливаемыя лишь на время меженной воды.

Прежде чѣмъ приступить къ описанію устройства типичныхъ плотинъ приведемъ нѣкоторыя общія данныя о водоемахъ, каналахъ и теченіи въ нихъ воды.

Такъ какъ часть воды пруда всасывается въ грунтъ, просачивается сквозь плотину и испаряется, то вытекаетъ изъ пруда воды меньше, чѣмъ протекало въ этомъ мѣстѣ въ неподпруженномъ источникѣ.

Потеря воды отъ всѣхъ выше приведенныхъ причинъ исчисляется по площади поверхности водоема. Толщина слоя воды, которая теряется въ годъ для Россіи равна отъ 0,3 до 0,5 саж. Величина эта увеличивается съ сѣверо-запада на юго-востокъ.

Теченіе воды въ рѣкахъ, каналахъ и потокахъ совершается оттого, что дно ихъ имѣетъ паденіе. Величина паденія для рѣкъ равнинъ колеблется отъ 0,018 до 1,14 сажени на версту длины, для горныхъ рѣкъ она достигаетъ 11 саженой. Скорость теченія зависитъ отъ паденія и тренія воды о дно, берега, предметы, встрѣчаемые на пути теченія, о воздухъ.



Вслѣдствіе тренія скорость воды въ различныхъ точкахъ поперечнаго сѣченія русла не одинакова.

Вычисленіе скорости теченія даю въ приложеніяхъ.

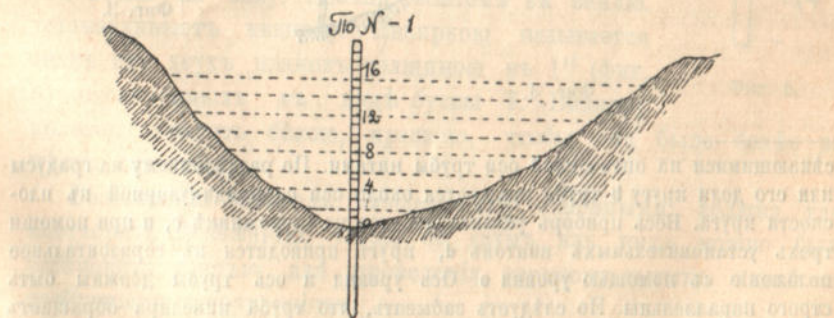
Для того, чтобы русло канала не разрушалось текущею по нему водою средняя скорость теченія на поверхности  $v$  и во всей профили  $v'$  не должна превосходить величинъ данныхъ въ слѣдующей таблицѣ I.

Таблица I.

Русло илистое и бурая глина . . .	$v=0,15$ мт.;	$v'=0,12$ мт.
» изъ мелкаго песку . . . . .	$v=0,20$ » ;	$v'=0,16$ »
» » тяжелой глины . . . . .	$v=0,30$ » ;	$v'=0,25$ »
» » рѣчного песку . . . . .	$v=0,60$ » ;	$v'=0,50$ »
» » гравія . . . . .	$v=1,22$ » ;	$v'=1,00$ »
» » каменистое . . . . .	$v=1,52$ » ;	$v'=1,25$ »
» » твердое скалистое . . . . .	$v=4,27$ » ;	$v'=3,50$ »

Съ другой стороны, для того, чтобы русло не засаривалось легкою мутью скорость теченія не должна быть меньше 0,25 и 0,50 метр. въ сек. (отъ 0,3—0,7 арш.), чтобы не осѣдалъ песокъ.

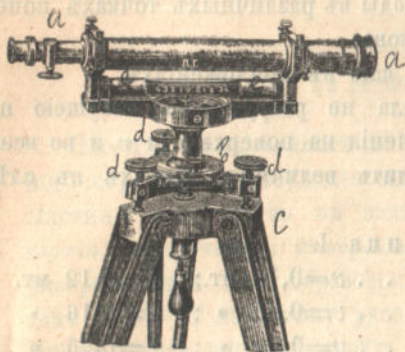
При устройствѣ плотины почти всегда необходимо бываетъ опредѣлять границы заливаемаго водою пруда съ цѣлью выясненія подтона и объема пруда. Это дѣлается при помощи мѣрной



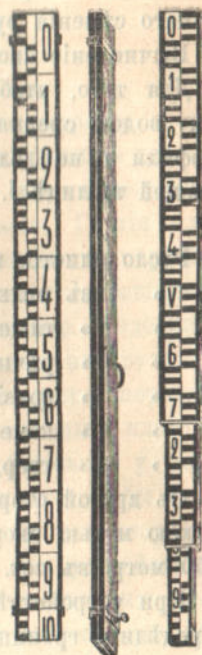
Фиг. 1.

сваи и нивелира или уровня. Мѣрною сваею (фиг. 1) называется свая, вбитая въ самомъ низкомъ мѣстѣ запруживаемаго оврага, на которой сдѣлана отмѣтка высоты предполагаемаго уровня поднятой воды. Когда такая свая установлена, ставятъ нивелиръ<sup>1)</sup>

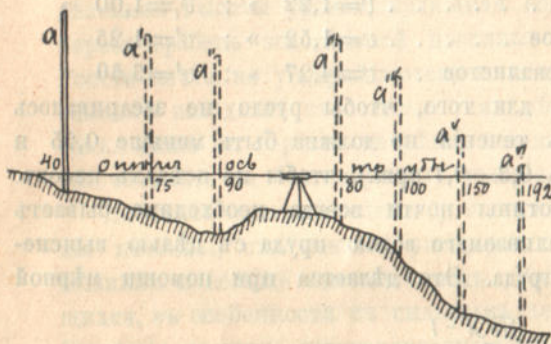
<sup>1)</sup> Нивелиромъ называется небольшая астрономическая труба а (фиг. 2), снабженная въ фокусѣ объектива двумя взаимно перпендикулярными пере-



Фиг. 2.



Фиг. 3.



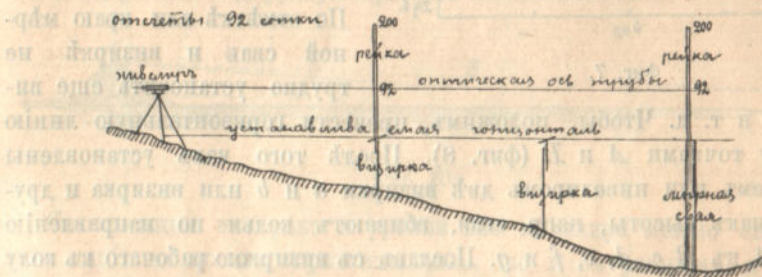
Фиг. 4.

сѣкающимися на опти. ской оси трубы нитями. По раздѣленному на градусы или его доли кругу  $\beta$  труба вращается около оси перпендикулярной къ плоскости круга. Весь приборъ устанавливается на треножникѣ  $\epsilon$ , и при помощи трехъ установительныхъ винтовъ  $\delta$ , кругъ приводится въ горизонтальное положеніе съ помощью уровня  $\epsilon$ . Ось уровня и ось трубы должны быть строго параллельны. Не слѣдуетъ забывать, что труба нивелира обращаетъ изображеніе, поэтому возрастаніе высоты идетъ внизъ. Рейкою называется раздвижная деревянная планка (фиг. 3), раздѣленная на десятки и сотни доли сажени. Длина рейки обычно двѣ сажени, одна изъ нихъ съ красными и бѣлыми, а другая съ черными и бѣлыми дѣленіями и цифрами. Цифры для удобства написаны въ обращенномъ видѣ, чтобы въ трубу видѣть ихъ въ прямомъ.

Фиг. 4 поясняетъ способъ нивелированія. На треножникѣ изображенъ нивелиръ, приведенный въ горизонтальное положеніе. Для опредѣленія разностей высотъ различныхъ точекъ рейку  $a$  устанавливаютъ въ этихъ точкахъ.



на такое мѣсто, чтобы она была видна и чтобы было видно какъ можно больше точекъ. Приводятъ трубу нивелира въ горизонтальное положеніе, опиляютъ мѣрную сваю на уровнѣ будущаго



Фиг. 5.

пруда, устанавливають на ней раздѣленную на сотыя доли сажени рейку и дѣлають отсчетъ (фиг. 5). Послѣ этого устанавливають рейку въ различныхъ точкахъ оврага, гдѣ бы рейка была видима и дѣлають отсчеты. Вычитая изъ послѣдняго отсчета отсчетъ на мѣрной сваѣ получимъ глубину пруда въ этомъ мѣстѣ. На высотѣ уровня въ данной точкѣ на колу, прочно вбитомъ въ землю, устанавливають визирку. Визиркою называется знакъ изъ двухъ планокъ толщиною въ 1" (фиг. 6) сколоченныхъ въ видѣ буквы Т. Визирку полезно окрасить бѣлою, краскою, чтобы она была болѣе замѣтна издали.



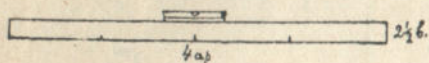
Фиг. 6.

Разстановка визирокъ, называемыхъ основными, должна удовлетворять требованію, чтобы по двумъ изъ нихъ можно было установить третью для проведенія горизонтальныхъ линій въ требуемыхъ направленіяхъ.

Установку основныхъ визирокъ можно сдѣлать и при помощи линейки съ уровнемъ (фиг. 7), если разстоянія между ними не очень велики. Для этого вбивають вокругъ мѣрной сваи кольца

Ея положенія на фиг. 4 изображены пунктиромъ и около каждой въ томъ мѣстѣ, гдѣ рейку пересѣкаетъ оптическая ось трубы написаны „отсчеты“, т. е. то число сотокъ, которое видно на крестѣ нитей нивелира. Чтобы опредѣлить, напр. разность высотъ въ точкахъ а и а<sup>VI</sup>, нужно вычесть соответствующіе отсчеты 100—40=60, т. е. точка а<sup>VI</sup> ниже точки а на 60 сотокъ.

въ тѣхъ направленіяхъ, куда желаютъ нивелировать на такомъ разстояніи, чтобы хватало линейки и устанавливаютъ визирки



Фиг. 7.

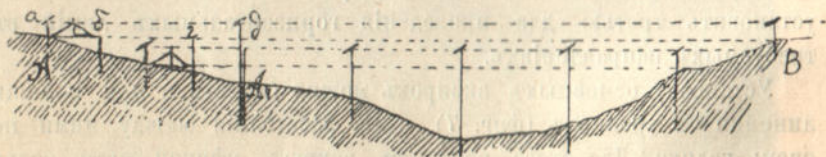
на этихъ кольяхъ при помощи линейки съ уровнемъ. По отмѣткѣ или краю мѣрной сваи и визиркѣ не трудно установить еще ви-

зирку и т. д. Чтобы, положимъ, провести горизонтальную линію между точками *A* и *B* (фиг. 8). Послѣ того какъ установлены уровнемъ или нивелиромъ двѣ визирки *a* и *b* или визирка и другой знакъ высоты, напр. свая, вбиваютъ колья по направленію отъ *A* къ *B* *c*, *d*, *e*, *f* и *g*. Пославъ съ визиркою рабочаго къ колу *c*, дѣлающій разбивку смотритъ черезъ визирки *a* и *b* и приказыв-



Фиг. 8.

ваетъ, поднимая или опуская визирку, прикрѣпить ее на колу *c* такъ, чтобы она была на высотѣ *a* и *b*. Такъ поступаютъ и далѣе. Такимъ образомъ можно ограничить уголья, которыя будутъ залиты поднятой водой. Если оврагъ глубоокъ, то можно провести второй горизонтъ (фиг. 9) положимъ на 3—4 арш. или болѣе ниже и вести счетъ отъ него. Все выше сказанное о подтопѣ



Фиг. 9.

было бы справедливо, если бы уровень воды былъ горизонталенъ за подпрудой. Но профиль подпруды, есть параболическая кривая и ея длина почти вдвое больше длины горизонтали *AB* (фиг. 10). Чтобы построить приблизительную высоту подпруды, поступаютъ такъ.





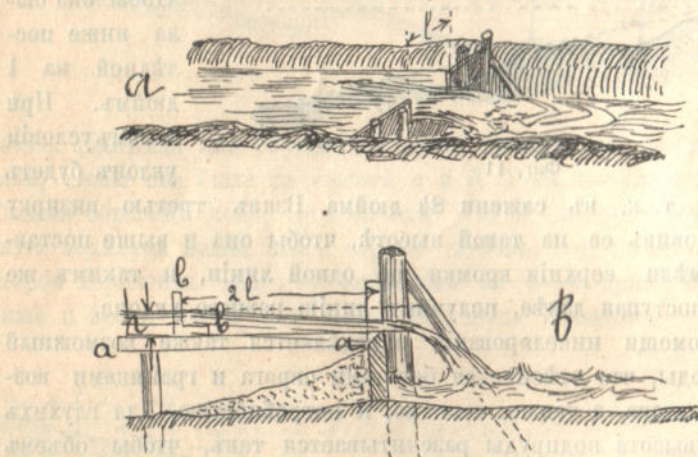
поперечника. Закрывая пробками или открывая нѣкоторыя изъ нихъ, достигаемъ того, что уровень за подпрудой остается постояннымъ и на высотѣ 1 дюйма надъ отверстиями. Это будетъ значить, что притокъ воды въ ручьи равняется расходу въ отверстіяхъ. Зная количество воды, которое можетъ протечь въ одну секунду черезъ отверстіе данного поперечника и умножая это количество на число отверстій, получимъ полный расходъ воды.

Въ ниже приведенной таблицѣ II даны количества воды въ литрахъ (1 куб. дециметръ), протекающія черезъ отверстія.

Таблица II.

Въ 1 дюймъ діаметромъ . . . . .	0,20089	литровъ.
» $\frac{1}{2}$ дюйма . . . . .	0,05502	»
» $\frac{1}{4}$ . . . . .	0,01526	»

Для того, чтобы отверстія не стѣснили хода воды, необходимо со стороны притока расширить ихъ, чтобы не было сжатія струи.



Фиг. 12.

Если расходъ воды достигаетъ кубическаго метра въ секунду, измѣреніе производятъ при помощи водослива. Для этого (фиг. 12а) дѣлаютъ подпруду и прорѣзываютъ въ верхней доскѣ водослива, ширину котораго дѣлаютъ для удобства равнымъ цѣлымъ или половинамъ метра. Для опредѣленія количества воды въ куб. мет-



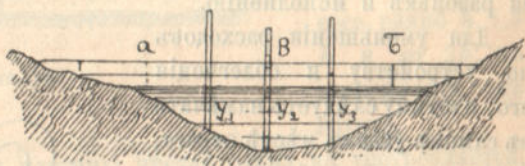
рахъ, приходится измѣрять высоту напора надъ гребнемъ водослива  $h$  въ метрахъ и подставить въ слѣдующую формулу

$$Q = 0,405 l h \sqrt{2gh},$$

гдѣ  $l$  ширина водослива въ метрахъ, а  $g = 9,81$  ускорѣніе силы тяжести.

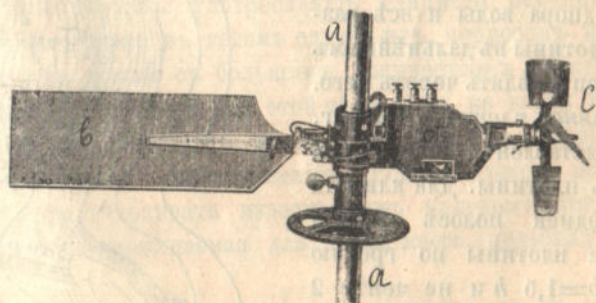
Необходимо измѣреніе высоты  $h$  (фиг. 12*б*) производить на разстояніи  $2l$  отъ запруды, т. к. паденіе уровня начинается раньше запруды и края водослива сдѣлать острыми. Измѣреніе удобно производить какъ показано на фиг. 12*б*. По уровню устанавливаютъ линейку  $aa$ , въ ровень съ ребромъ водослива и по угольнику  $ee$ , дѣлають отсчетъ.

Въ томъ случаѣ, если рѣка велика и было бы дорого и трудно сдѣлать запруду, прибѣгаютъ къ слѣдующему способу. Перекинувъ помость черезъ рѣку,



Фиг. 13.

измѣряють глубину (фиг. 13) въ различныхъ точкахъ и вычеркивають въ нѣкоторомъ масштабѣ профиль живого сѣченія рѣки. Вычисливъ по чертежу площадь сѣченія и опредѣливъ поплавкомъ, или лучше вертушкою Вольтмана <sup>1)</sup>, скорость теченія



Фиг. 14.

<sup>1)</sup> Вертушка Вольтмана (фиг. 14) представляетъ собою приборъ, устанавливаемый на металлической трубкѣ  $a$  въ любомъ мѣстѣ и на желаемой глубинѣ. Флюгеръ  $b$  поворачиваетъ крылья вертушки  $c$  всегда противъ теченія. Скорость теченія узнается по числу оборотовъ вертушки, отсчетъ же производится при помощи электрическаго сотеннаго счетчика  $d$ , который даетъ явонки черезъ каждые 100 оборотовъ колеса  $c$ . Отсчитавъ по секундомеру время ста оборотовъ и прибавивъ поправку, которая дается для каждаго прибора, получаемъ прямо скорость въ метрахъ въ секунду.

воды въ различныхъ точкахъ профиля, умножаютъ площадь въ квадратныхъ метрахъ на среднюю скорость въ метрахъ, и получаютъ расходъ воды въ кубическихъ метрахъ въ секунду.

Если вода находится въ покоѣ въ сосудѣ, то она оказываетъ давленіе на стѣнки сосуда. Плотина должна быть рассчитана на это давленіе. Способъ элементарнаго расчета данъ въ приложеніяхъ.

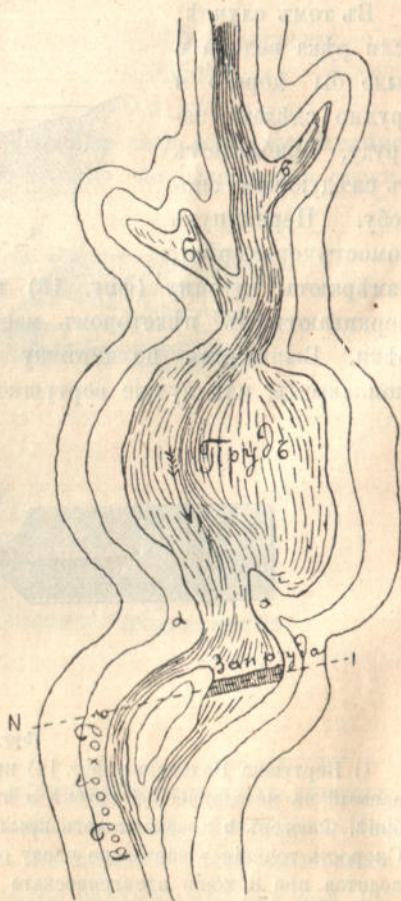
### Устройство плотинъ.

*Глухія плотины.* Приступая къ устройству плотины, надлежитъ прежде всего выбрать для нея мѣсто, а затѣмъ приступить къ ея разбивкѣ и исполненію.

Для уменьшенія расходовъ по устройству и облегченія его, плотину слѣдуетъ намѣчать въ самомъ узкомъ мѣстѣ оврага, позади возможно большого водоема (фиг. 15). Естественные выступы *a* и *a* принимаютъ на себя напоръ воды, отводя его отъ плотины.

Обозначимъ черезъ *h* высоту подпора воды и всѣ размѣры плотины въ дальнѣйшемъ будемъ опредѣлять черезъ него.

*Земляная плотина.* На фиг. 16 представленъ поперечный профиль плотины. Для климата въ средней полосѣ Россіи толщина плотины по гребню равна  $b=1,5 h$  и не менѣе 2 сажень. Если же климатъ не суровъ, то  $b=h$ . Это требованіе объясняется тѣмъ что плотина не должна промерзнуть. Ширина гребня дѣлается одинаковой по всему гребню. Верхній гребень плотины долженъ быть не ме-



Фиг. 15.



нѣе какъ на 0,5 сажени выше наивысшаго уровня воды въ предупрежденіе перекатыванія волнъ черезъ него. Откосъ, который обращенъ въ прудъ называется верховымъ и имѣетъ заложеніе

(ширину основанія) отъ 2—4  $h$ .

Это необходимо

ввиду того, что

вслѣдствіе сма-

чиванія, откосъ

легко осыпается.

Заложеніе низо-

ваго, обращенна-

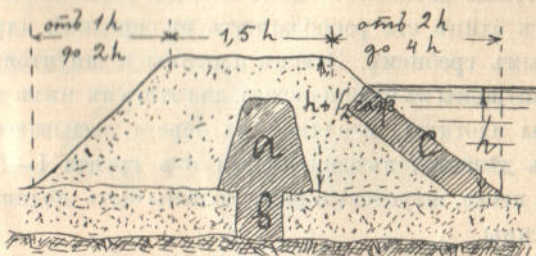
го отъ пруда от-

коса, равно  $h$ , 1,5

$h$  и до 2 $h$ , въ

зависимости отъ

грунта.



Фиг. 16.

Для образованія тѣла плотины чистая глина не употребляется, хотя она уже при толщинѣ въ 3 фута не проницаема для воды, потому, что, будучи сырой, пучится при трамбованіи, промерзаетъ и при оттаиваніи сползаетъ съ откосовъ и легко размывается водою.

Чистую глину употребляютъ только тамъ, гдѣ она не промерзаетъ—на ядро плотины  $a$ , замокъ  $b$  и на откосъ  $C$  въ пруду. На остальное тѣло плотины употребляютъ глинисто песчаный или песчаный грунтъ и ни въ какомъ случаѣ илѣ, черноземѣ и торфяникѣ. Суглинокъ (глина съ большимъ количествомъ песку) считается лучшимъ матеріаломъ для этой цѣли. Онъ не даетъ трещинъ при засыханіи, не разбухаетъ, не пучится при трамбованіи и хорошо сопротивляется просачиванію. Рокомендуется нетолстые слои такого грунта поливать известковымъ молокомъ, тогда образуется плотная непроницаемая для воды масса, подобная тощему бетону.

Когда мѣсто плотины установлено приступаютъ къ развѣдкѣ грунта. Сдѣлать это можно буреніемъ, а лучше вырывъ колодець.

Если подъ основаніемъ плотны материкъ (тяжелыя глины или скалистый грунтъ) покрытъ наноснымъ иломъ или пескомъ слоемъ не толще  $1\frac{1}{2}$  арш., производятъ его сплошную отрывку до материка подъ всею плотиною. Если толщина ненадежнаго слоя

достигаетъ 3 арш., отрывку производятъ въ видѣ канавы, только подъ ядромъ насыпи. Эта канава шириною отъ 4 до 7 футовъ, (замокъ) заполняется слоями глины или суглина съ плотною утрамбовкою.

Если наносный слой залегаетъ на большую глубину, подъ основаніемъ земляной плотины забиваютъ одинъ или два ряда шпунтовыхъ свай. Если рядъ одинъ его располагаютъ въ серединѣ ядра, если два—подъ каждымъ гребнемъ. Замокъ плотны и шпунтовые стѣнки должны быть впущены въ берега оврага, для этого въ нихъ дѣлаютъ выемки. Концы плотины, входящія въ берега, называются крыльями; длина ихъ дѣлается въ зависимости отъ грунта 1—3h.

Если насыпь изъ песка, шпунтовые ряды должны быть подняты выше основанія плотины.

Шпунтовые сваи вбиваютъ на такую глубину, чтобы ихъ нижній конецъ углубился не менѣе какъ на 3 фута въ водонепроницаемый слой.

Если подъ основаніемъ плотины грунтъ скалистый, снимаютъ верхній слой (песокъ, гравій, мохъ съ верескомъ) и трещины въ камняхъ забиваютъ глиною.

Суглинистая почва подъ основаніемъ представляетъ лучшее основаніе для земляной плотины. Почву слегка разрыхляютъ для лучшаго соединенія съ насыпью, которую дѣлаютъ изъ такого же матеріала.

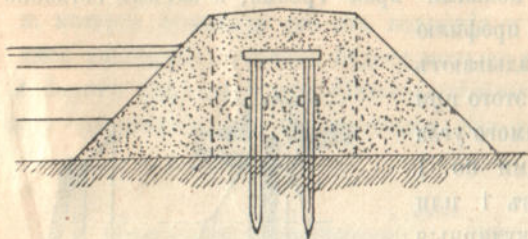
Земля для плотины отрывается не ближе 5—10 сажень отъ нея, чтобы выемка не повліяла на прочность плотины.

При устройствѣ шпунтовыхъ рядовъ между ними (если два и впереди, если одинъ) насыпается лучшая земля. Верховой откосъ насыпается изъ лучшей земли, чѣмъ задній, на который можетъ идти все за исключеніемъ торфа и ила.

Насыпку плотины ведутъ слоями толщиною 1—2 фута по всей длинѣ и ширинѣ разомъ—присыпка откосовъ не допускается и каждый слой трамбуется возможно равномерно, при подвозкѣ на лошадяхъ и тачкахъ должно наблюдать, чтобы укатываніе производилось равномерно. Если земля суха ее поливаютъ водою. Если нижняя часть насыпи наваливается въ водѣ ее не трамбуютъ, а только разравниваютъ. Къ глинѣ ядра совѣтуютъ примѣшивать золу, чтобы не дѣлали норъ кроты и крысы.



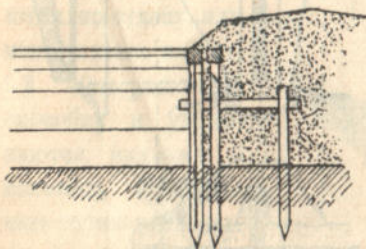
Усадка насыпи бывает  $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{10}$  всей высоты. Если плотина на слабомъ грунтѣ, который залегаетъ на большую глубину, то два шпунтовыхъ ряда безусловно необходимы. Въ этомъ случаѣ оба ряда соединяются пасадками на высотѣ уровня воды въ прудѣ



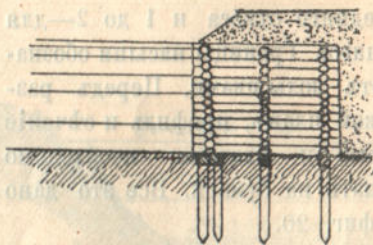
Фиг. 17.

(фиг. 17). Иногда верхового откоса не дѣлають (когда желаютъ приблизить водяной двигатель къ пруду или сдѣлать его болѣе красивымъ). Въ этихъ случаяхъ укрѣпляютъ земляную плотину со стороны

пруда шпунтовой стѣнкой съ анкерными сваями (фиг. 18) или бревенчатой ряжевой стѣнкой (фиг. 19) или каменной стѣнкою на свайномъ основаніи. Толщина земляной насыпи за стѣнкою не должна быть меньше высоты напора.



Фиг. 18.

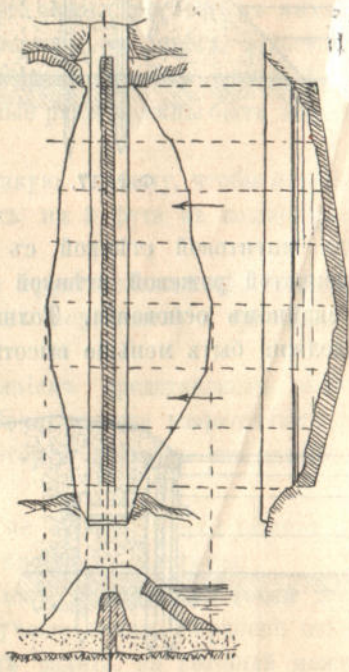


Фиг. 19.

Поперечные бревна внутри земляной плотины способствуютъ проникновенію воды. Отъ усадки насыпи подъ насадками свай всегда образуются пустоты, въ которыя попадаетъ вода, поэтому всѣ такіе ряжевые брусья по мѣрѣ возведенія насыпи должно удалять.

Производству работъ предшествуетъ разбивка плотины. Сдѣлавъ разчистку, т. е. убравъ кочки, неровности, пни и т. под., намѣчаютъ кольями ось плотины. Въ большинствѣ она бываетъ перпендикулярна къ направленію теченія, только въ тѣхъ случаяхъ, когда

скорость теченія велика или имѣть нежелательное къ высокому берегу направленіе, устанавливають ось плотины такъ, что она образуетъ съ крутымъ берегомъ тупой уголъ, а съ низкимъ—острый. Линію оси плотины продолжаютъ въ обѣ стороны, чтобы по вынуги среднихъ кольевъ можно было возстановить направленіе. Послѣ этого намѣчаютъ кольями края гребня, а затѣмъ согласно вычерченному на бумагѣ профилю сѣченія оврага откладываютъ заложенія откосовъ. Для этого при помощи наугольника (прямого угла изъ тесинъ со сторонами по 1 сажени) проводятъ черезъ 1 или 2 сажени линіи перпендикулярныя къ оси плотины и откладываютъ по нимъ отъ оси плотины величину заложенія—половину ширины гребня. Величина же заложенія будетъ равна глубинѣ въ этомъ мѣстѣ умноженной на принятый коэффиціентъ (отъ 2 до 4—для передняго откоса и 1 до 2—для задняго). Границы насыпи обозначаютъ кольешками. Передъ разбивкой планъ, профиль и сѣченіе оврага и плотины необходимо сдѣлать на бумагѣ. Все это дано на фиг. 20.

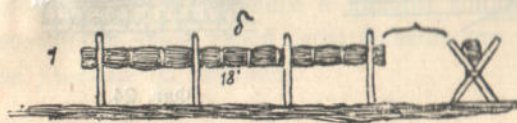


Фиг. 20.

Выборъ заложенія откосовъ зависитъ отъ матеріала, изъ котораго они сдѣланы. Если насыпь изъ суглинка—заложеніе передняго откоса двойное, задняго единица, изъ растительнаго земли—тройное—передняго, полуторное—задняго, а изъ песчаного—четверное и двойное для передняго и задняго. При вышеприведенной величинѣ заложенія укрѣпленіе откосовъ спереди не требуется, задній же откосъ покрывается слоемъ растительной земли въ 3 вершка и засѣвается травой.



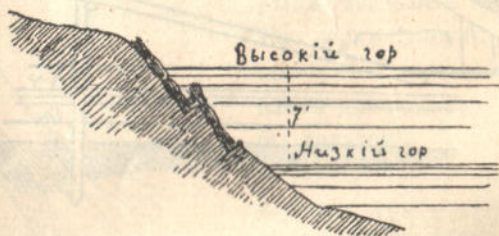
Гребень плотины дѣлается съ маленькими скатами на обѣ стороны, чтобы стекала дождевая вода и засѣвается травой, если по нему нѣтъ ѣзды. Кустарниковъ и деревьевъ ни въ коемъ случаѣ сажать на гребнѣ плотины нельзя, т. к. корни ихъ представляютъ живой дренажъ, однако посадка мелкихъ сортовъ лозы, не пускающей глубокихъ корней, вдоль верхового откоса рекомендуется, т. к. можетъ защитить его отъ волненія и льдинъ. Если же почему либо заложение откосовъ будетъ меньше указанной выше величины слѣдуетъ укрѣплять ихъ. Откосы одѣваютъ дерномъ, или плетнемъ, или фашинами, или же крупнымъ булыжникомъ.



Фиг. 21.

Фашинами называются вязки изъ тонкихъ прутьевъ ивы, тополя и другихъ лиственныхъ деревьевъ 7 или 18 футъ длиною и 1

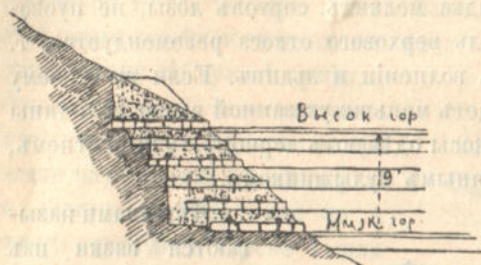
футъ поперечника. Фашины связываются на козлахъ (фиг. 21) гибкими прутьями или проволокой. Передъ связываніемъ фашина сжимается веревочной петлей помощью двухъ рычаговъ. Фашины укладываются по откосу или какъ указано на фиг. 22 (американскій способъ) и укрѣпляются вилками и кольями, а также еще горизонтальными фашинными банатами, или съ прослойками земли какъ показано на фиг. 23 (Голландскій способъ).



Фиг. 22.

Для предупрежденія размыва дна подъ основаніемъ плотины, гдѣ падаетъ вода, укладываются такъ называемые фашинные тюфяки (фиг. 24). Они готовятся изъ двухъ рѣшетокъ, состоящихъ изъ фашинныхъ канатовъ, связанныхъ въ пересѣченіяхъ тонкими веревками или проволокой; между сѣтками укладываются накрестъ отъ 1 до 4 рядовъ длинныхъ фашинъ, послѣ чего сѣтки

скрѣпляютъ между собою пропущенными насквозь кольями съ сучками и перевязываютъ веревками или проволокою.

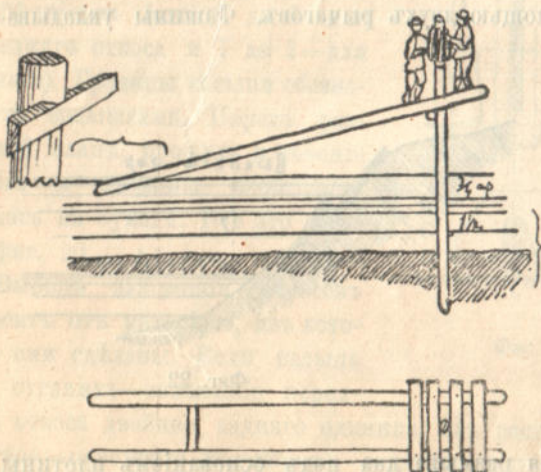


Фиг. 23.

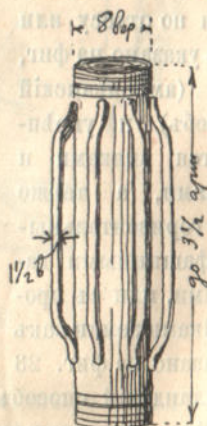


Фиг. 24.

Каждый слой фашинной настилки на водѣ загружается землею; если фашины свѣжія — пескомъ, не свѣжія — глинистой землею; верхній слой фашинной кладки засыпается тучной землею, чтобы лоза могла приняться.



Фиг. 25.



Фиг. 26.

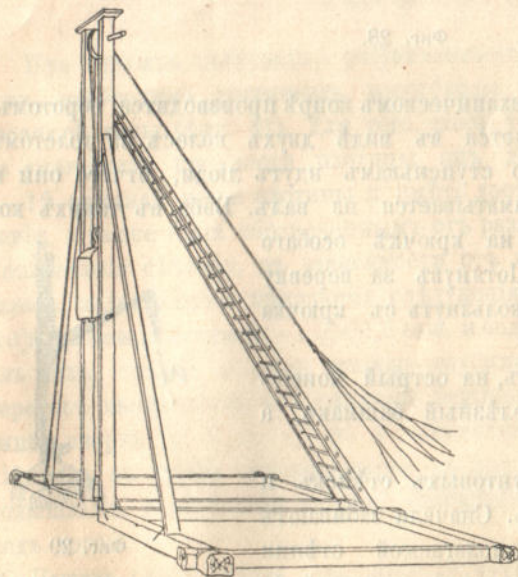
Одежда плетнемъ производится слѣдующимъ образомъ.

По справленному откосу забиваютъ колья длиною  $1\frac{1}{2}$  верш. на разстояніи  $\frac{3}{4}$  аршина, такъ, чтобы  $\frac{1}{2}$  арш. выступало изъ земли.



Колья оплетаются тонкими сучьями, отчего образуются ящики. Эти плетневые ящики заполняются камнем, переложенным мхомъ. Свѣжіе колья изъ ветлы и ивы легко принимаются.

Забивка свай производится ручною бабою или копромъ. Сваи удобно забивать зимою со льда. Если забивка производится ручною бабою, то устраиваютъ помость изъ двухъ хорошихъ жердей съ набитыми досками (фиг. 25), а на  $\frac{1}{2}$  аршина ниже верхняго конца сваи дѣлаютъ съ одной стороны, запилъ внаградъ (трапеціей) и заго- няютъ поперечный брусокъ трапецевиднаго сѣченія, на который и опираются жерди, подмостей. Ручная баба представляетъ собою (фиг. 26) березовый кряжъ съ шестью ручками по бокамъ съ на- колоченными на верхній и нижній концы бугелями (желѣзными кольцами). Въсѣй такой бабы бываетъ отъ 4—6 пудовъ, а размѣры ея указаны на чертежѣ.



Фиг. 27.

Копромъ называется станокъ для подъема чугунной бабы на большую высоту. На фиг. 27 изображенъ коперъ. Онъ представляетъ собою станину съ двумя стойками, между которыми скользятъ баба. На верху стоекъ на шкворнѣ вращается блокъ для подъема бабы канатомъ.

Коперъ бываетъ ручной и машинный. Подъемъ бабы на ручномъ копрѣ производится многими людьми за веревки, привязанныя къ концу каната. Поднявъ бабу, рабочіе опускаютъ свободно концы, и она падаетъ. Такіе копры дѣлаютъ частые удары, но баба поднимается въ нихъ не высоко, и требуется много людей.

Если рабочихъ немного или они дороги устраиваютъ механическіе копры (фиг. 28).



Фиг. 28.

Подъемъ бабы въ механическомъ копрѣ производится воротомъ. Обычно воротъ исполняется въ видѣ двухъ колесъ на толстомъ бревнѣ. Въ колесахъ по ступенькамъ идутъ люди, отчего они и вращаются, а канатъ наматывается на валъ. Баба въ такихъ копрахъ подвѣшивается на крючкѣ особаго устройства (фиг. 29). Потянувъ за веревку *a*, заставимъ бабу соскользнуть съ крючка и она упадетъ.

Если грунтъ крѣпокъ, на острый конецъ сваи, насаживается желѣзный башмакъ, а на верхній—бугель.

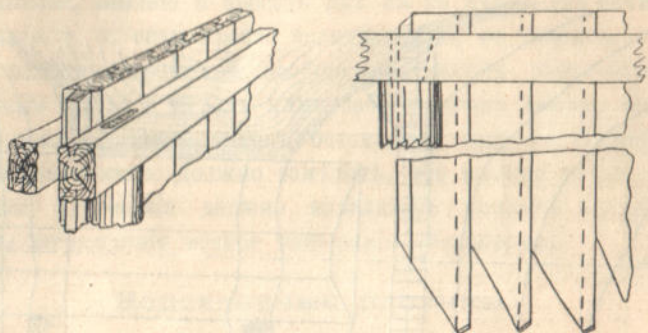


Фиг. 29.

При забиваніи шпунтовыхъ стѣнокъ и рядовъ поступаютъ такъ. Сначала забиваютъ по обѣ стороны предполагаемой стѣнки такъ называемыя рамныя сваи, черезъ 5 футовъ одна отъ другой, на которыхъ насаживаются насадки вдоль шпунтовой стѣнки изъ брусевъ такъ, чтобы шпунтовая отесанная свая плотно входила между ними. Это дѣлается для того, чтобы стѣнка была правильной. Забиваніе производится копромъ, и должно дѣлаться очень тщательно. Послѣ того какъ первая свая забита, слѣдующія, зате-



санныя болѣе съ одного бока (фиг. 30), чтобы плотнѣе прилегали къ предыдущей, устанавливаются и забиваются, какъ указано на фиг. 30.



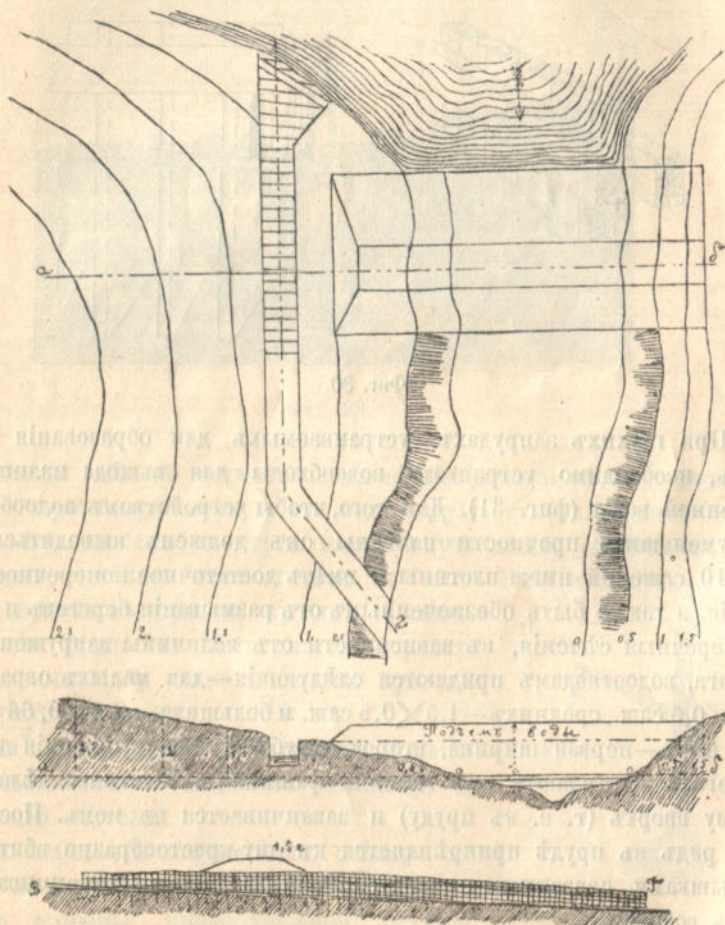
Фиг. 30.

При глухихъ запрудахъ, устраиваемыхъ для образованія прудовъ, необходимо устраивать водообходы для выхода излишней весенней воды (фиг. 31). Для того, чтобы устройствомъ водообхода не уменьшить прочности плотины онъ долженъ выводиться на 8—10 сажень ниже плотины и имѣть достаточное поперечное сѣченіе, а также быть обезпеченнымъ отъ размыванія береговъ и дна. Поперечныя сѣченія, въ зависимости отъ величины запруженного оврага, водоотводамъ придаются слѣдующія—для малыхъ овраговъ  $1,0 \times 0,5$  саж., среднихъ— $1,5 \times 0,5$  саж. и большихъ— $2,0 \times 0,66$  саж. изъ нихъ—первая ширина, вторая—глубина. Для укрѣпленія дна и береговъ выстилаютъ ихъ тонкими фашинами. Выстилка дѣлается снизу вверхъ (т. е. въ пруду) и заканчивается въ немъ. Послѣдній рядъ въ прудѣ прикрѣпляется къ дну крестообразно вбитыми колышками, связанными сверху. Фашины должны заканчиваться подъ водою.

Иногда русло канала замащивается крупнымъ булыжникомъ, а иногда досками, если лѣсъ не дорогъ.

Для опредѣленія количества воды, которое можетъ собраться въ прудѣ отъ таянія снѣга и дождя, опредѣляютъ водосборную поверхность по плану и умножаютъ количество выпадающей въ данной мѣстности воды на единицу поверхности на число этихъ единицъ въ водосборной площади. Полученное произведеніе и будетъ выра-

жать все количество воды, которымъ мы располагаемъ. Изъ этого количества по выше приведеннымъ даннымъ слѣдуетъ отнять количество испаряющейся и просачивающейся жидкости.



Фиг. 31.

Постройку плотины ведутъ обычно такимъ образомъ. Сдѣлавъ выемки для крыльевъ плотины, начинаютъ устройство плотины съ боковъ, оставляя въ серединѣ проходъ водѣ, затѣмъ уже плотины смыкаютъ—захватываютъ.



Моментъ передъ захватываніемъ наиболѣе опасенъ, т. к. теченіе бываетъ уже стѣснено и вода течетъ съ большою скоростью подмывая дно, шпунтовые сваи и проч. Въ значительныхъ по притоку воды рѣчкахъ приходится въ этихъ случаяхъ прибѣгать къ кулямъ наполненнымъ землею и бросать ихъ въ то мѣсто, гдѣ начинается подмываніе, т. к. если просто валить землю, ее уносить.

Для задѣлки промонитъ вообще поступаютъ такъ: опускаютъ деревянные щиты и передъ ними забрасываютъ землю, навозъ и кули съ землей. Везъ щитовъ остановить воду въ большинствѣ бываетъ невозможно. Должно замѣтить, что вообще земля, навозъ и пр. для удержанія должно наваливать впереди загражденія; сзади же загражденія всякое насыпаніе—безполезно.

### Водосливныя плотины.

Водосливныя плотины представляютъ собою порогъ между двумя береговыми устоями. Онѣ могутъ быть примѣняемы только тамъ, гдѣ нѣтъ большихъ паводковъ, т. к. въ противномъ случаѣ онѣ значительно, стѣсняя русло, во время паводковъ производятъ затопленіе береговъ.

Въ Россіи водосливныя плотины могутъ быть устраиваемы только у истоковъ рѣкъ, вытекающихъ изъ озеръ, гдѣ подъемъ воды не можетъ быть великъ.

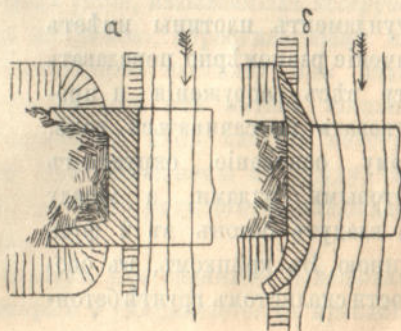
Вообще же водосливная платина устраивается позади большихъ водоемовъ и представляетъ автоматическій регуляторъ уровня.

Длина гребня водосливной плотины опредѣляется по формулѣ.

$$l = \frac{Q}{mx^{3/2}},$$

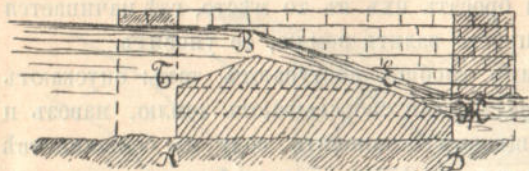
гдѣ  $Q$  объемъ воды въ кубическихъ метрахъ,  $l$ —ширина плотины (длина гребня),  $m$ —коэффициентъ—1,8 для узкаго гребня и 1,6—для широкаго, а  $x$ —толщина слоя переливающейся воды.

Водосливныя плотины строятся изъ камня, бетона или дерева. Ниже линіи промерзанія, обычно на 1 сажень, ниже низкаго горизонта закладывается фундаментъ, на которомъ и возводится плотина.



Фиг. 32.

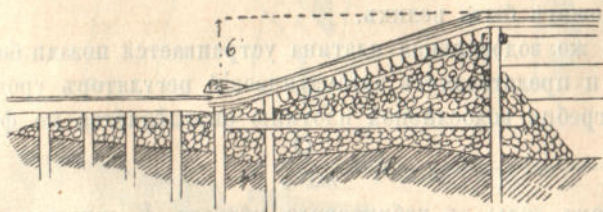
Каменные и бетонные береговые устои соединяются съ берегами стѣнками или откосами (фиг. 32 а и б). Деревянные же устои представляютъ собою ящики или стѣнки, рубленные или свайные.



Фиг. 33.

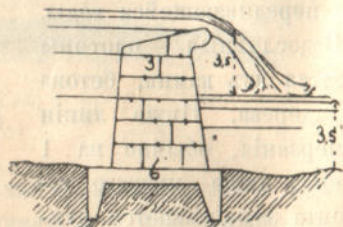
Профиль водослива (порога) состоитъ изъ слѣдующихъ частей (фиг. 33) верхового откоса *АВ*, пону́рного пола—*ВВ*, сливного—*ВЕЖ* и низоваго откоса—*ЖД*.

Назначеніе пону́рного пола предохранять плотину отъ разрушенія льдомъ или плывущими тѣлами вообще, сливного пола—предохранить плотину отъ подмыванія сзади. Низовый откосъ часто дѣлаютъ уступами. Если водосливную плотину желаютъ сдѣлать изъ булыжника, то вертикальныя грани образуются шпунтовыми стѣнками, промежутки же между ними заполняются камнемъ; при этомъ верхній гребень покрывается грубо притесаннымъ камнемъ (фиг. 34).



Фиг. 34.

Фундаментъ плотины имѣетъ назначеніе равномерно передавать грунту вѣсъ сооруженія и препятствовать просачиванью воды. Поэтому основаніе окружаютъ шпунтовыми рядами, а между ними кладутъ бетонъ въ 2 фута толщиною. Въ крѣпкомъ, въ особенности скалистомъ грунтѣ бетон-



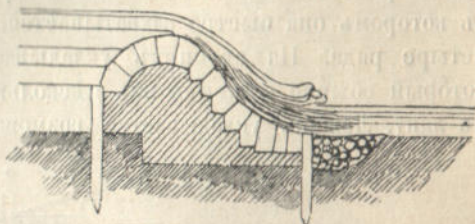
Фиг. 35.



ный фундамент дѣлаютъ какъ указано на на фиг. 35 съ вертикальными стѣнками, и въ этомъ случаѣ шпунтовыхъ свай не забиваютъ.

Во Франціи распространена форма водосливной плотины съ кривою поверхностью изъ притесанныхъ камней, соотвѣтствующую направленію теченія струй.

Въ этомъ случаѣ (фиг. 36) вода не производитъ размыва, но устройство плотины обходится дорого.



Фиг. 36.

Водосливныя плотины пользуются небольшимъ распространениемъ въ Россіи, но водосливъ именуемый водоспускомъ, входитъ въ устройство створной плотины и его устройство будетъ болѣе подробно описано въ своемъ мѣстѣ. Поэтому на водосливныхъ плотинахъ болѣе останавливаться мы не будемъ.

### Разборчатая тульская плотина.

Въ средней полосѣ Россіи, гдѣ разливы рѣкъ велики и сопровождаются ледоходомъ, устраиваютъ разборчатыя плотины. Разборчатая плотина можетъ быть снята и снесена на берегъ чрезвычайно быстро.

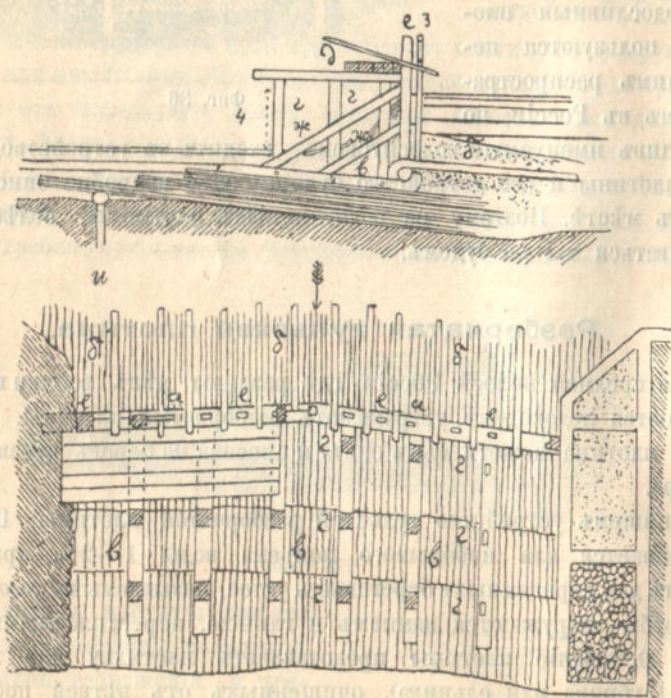
Опишемъ устройство тульской разборчатой плотины. Плотина устраивается для небольшого подъема воды 1—2½ арш. Она имѣетъ два деревянныхъ береговыхъ устоя, называемыхъ *косорубами*. Косорубы нагружаются камнемъ и глиною, перестилаемыми навозомъ. Основаніе плотины представляетъ настилку изъ мелкаго лѣсу (дубняка или ельника), очищенныхъ отъ вѣтвей постольку, чтобы онъ плотно слегался. Вершинами лѣсъ кладутъ навстрѣчу теченія. Ряды сланника должны быть наклонены къ пруду, чтобы ледъ и теченіе не задирало его. Для этого подъ комли укладывается поперекъ рѣчки на сваяхъ дерево.

Въ маленькихъ рѣчкахъ и балкахъ для сланника выкапываютъ ровъ, именуемый замкомъ, въ который и укладывается съ прослойкой

глины и навоза сланникъ, покато къ пруду и въ этихъ случаяхъ поперечное дерево не кладется.

Такъ какъ слань садится, то утолщеніе ея слоя не желательно, поэтому, въ серединѣ рѣки, гдѣ дно глубже, сланникъ лежитъ ниже.

Настилку сланника и засыпку его начинаютъ съ береговъ, при этомъ временно остается въ самомъ глубокомъ мѣстѣ протокъ воды, въ которомъ она быстро захватывается. Сланника дѣлаютъ обычно четыре ряда. На сланникъ укладывается *лежень* *а*, (фиг. 37) который обычно состоитъ изъ нѣсколькихъ бревенъ соединенныхъ въ лапу. Лежень укладывается возможно ниже и долженъ быть



Фиг. 37.

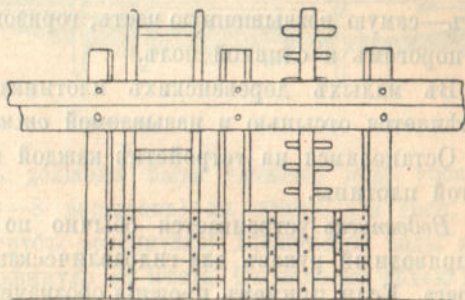
покрыть водою для предупрежденія гніенія. Въ серединѣ *лежень* укладывается ниже, т. к. сланникъ въ серединѣ также ниже. Лежень удерживается верхними *б* и нижними *в* *кокорам*, разстоянія между осями которыхъ ровно 3 аршинамъ.



Слань, кокоры и лежень плотно замыкаются пескомъ и представляютъ вмѣстѣ съ косорубами неразбирающуюся часть плотины. Лежень, поднятый невысоко мало стѣсняетъ русло.

На нижнихъ кокоряхъ выдолблены гнѣзда для шиповъ стоекъ *с,с*, соединенныхъ наверху насадками. На насадки кладутся *лавы* *д,д*, на переднюю изъ которыхъ опираются стойки *е,е*, вдолбленные нижними концами въ лежень. Стойки *е,е* отстоятъ на  $1\frac{1}{2}$  арш. между серединами, и усиливаются черезъ одну подкосами *ю,ю*, опирающимся въ кокоры.

Въ стойкахъ *е,е* выбраны четверти; къ стойкамъ прислонены затворы. Затворы представляютъ собою щиты, связанные брусками *з*, по два на щитъ. Въ послѣдніе вдолблены поперечные бруски какъ показано на фиг. 38. За нихъ поддѣваютъ рычагомъ для поднятія щитовъ для спуска воды. Полезно щиты дѣлать въ два или три яруса.



Фиг. 38.

Внизу, къ нижнимъ щитамъ со стороны пруда приваливается навозъ и земля.

## Створчатая плотина.

Створчатая плотина наиболѣе у насъ употребительна и представляетъ среднее между глухою и разборчатою плотиною. Въ глухой плотинѣ устраивается водоспускъ съ заставками, затворами, такими же какъ въ вышеописанномъ типѣ. Створчатые плотины въ средней полосѣ Россіи строятся съ подъемомъ воды до 35 футъ.

Створчатые плотины обычно предназначаются для водяныхъ двигателей; онѣ имѣютъ отдѣльный каналъ подводящій воду къ двигателю и водоспускъ со щитами для выпуска внешней и лишней воды.

Подобно водосливнымъ плотинамъ, водоспускъ представляетъ собою основательно устроенный порогъ ограниченный съ боковъ береговыми устоями, заложенными однако не въ берега, а въ глухую плотину. Если ширина водоспуска велика, (болѣе 30 футовъ) то устраиваютъ устои и въ серединѣ его.

Водоспускъ створчатой плотины отличается отъ водослива тѣмъ, что имѣетъ *водобойный* горизонтальный полъ, чего не имѣетъ водосливъ, т. к. тамъ вода перекачивается, а не падаетъ, что имѣетъ мѣсто въ водоспускѣ.

Такимъ образомъ дно водоспуска имѣетъ—пунурный полъ, порогъ—самую возвышенную часть, горизонтальный водобойный полъ за порогомъ и сливной полъ.

Въ малыхъ деревенскихъ плотинахъ пунурный полъ часто замѣняется отсыпью и называемой *отмеломъ*.

Остановимся на устройствѣ каждой изъ главныхъ частей створчатой плотины.

*Водоспускъ* устраивается обычно по направленію русла рѣки, а приводный рукавъ для гидравлическаго двигателя возлѣ пологого берега. Если примемъ прежнія обозначенія, т. е. обозначимъ черезъ  $Q$ —наибольшее количество протекающей воды въ кубическихъ метрахъ въ секунду, черезъ  $h$ —толщину слоя воды надъ порогомъ гоже въ метрахъ (которая не должна быть болѣе 2 метровъ),  $v$ —средняя скорость въ водоспускѣ, то его ширина

$$x = \frac{Q}{h \cdot v}$$

а т. к.

$$v = 0,6 \sqrt{2gh}$$

то

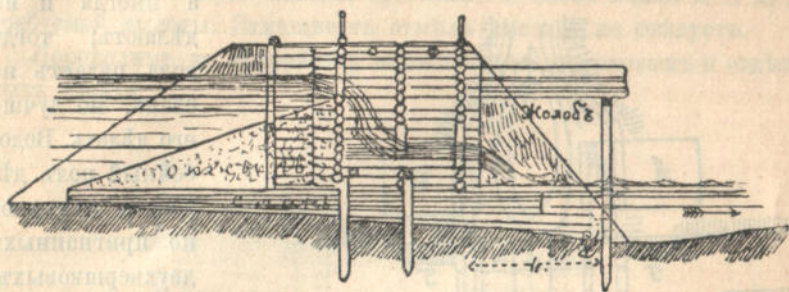
$$x = \frac{Q}{h \cdot 0,6 \sqrt{2gh}} = \frac{5Q\sqrt{2gh}}{6 h^2 g},$$

гдѣ  $g=9,8$  есть ускореніе силы тяжести. Основаніе водоспусковъ дѣлается изъ сланника и на сваяхъ. Сначала опишемъ устройство водоспуска на основаніи изъ сланника.

Укладываютъ сырой мелкій ельникъ  $2\frac{1}{2}$ —3 вершковъ и длинную 5—6 сажень на дно вдоль русла вершинами вверхъ по теченію въ нѣсколько рядовъ и промежутки засыпаютъ хрящемъ. Высота настилки (не болѣе 0,5 сажени) зависитъ отъ глубины воды при межевомъ уровнѣ.



Комли сланника на 1 сажень выпускаются за низовую стѣну водоспуска. (фиг. 39).



Фиг. 39.

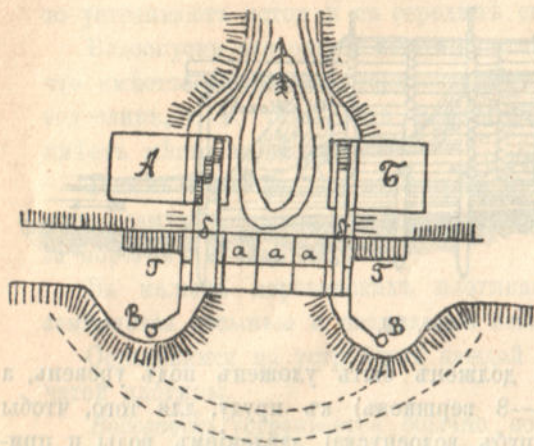
Поперекъ сланникъ долженъ быть уложенъ подъ уровень, а вдоль, съ уклономъ (6—8 вершковъ) къ пруду, для того, чтобы *стаг* плотины (т. е. срубъ водоспуска) давленіемъ воды и присыпаннаго отмела не сдвинуло съ мѣста. Съ этою же цѣлью позади верховой (передней) и средней стѣнокъ става вбиваютъ сваи черезъ одну сажень.

При мало размываемомъ грунтѣ сланникъ укладываютъ прямо на дно. Однако, гдѣ это легко сдѣлать, лучше устроить отводъ воды или перемычку выше, это облегчаетъ работу въ особенности, если рабочіе неопытны.

Отмель имѣетъ заложение 5 высотъ мертвого порога и насыпается изъ суглинка съ навозомъ и мелкими вѣтвями елокъ.

На фиг. 40 показанъ планъ водоспуска смоленской створной плотины, устроенной для приведенія въ дѣйствіе мельницы съ тремя наливными колесами *А* и сукновалки *Б* съ однимъ наливнымъ колесомъ. На фиг. 41. изображены та же плотина сзади и въ сѣченіи, плоскостью проходящею черезъ водоспускъ. На всѣхъ фигурахъ *а, а, а* представляютъ отверстія водоспуска, *б* и *б*—рабочія русла. Ряжевой устой состоитъ изъ трехъ продольныхъ и шести поперечныхъ (въ данномъ случаѣ) стѣнокъ, срубленныхъ изъ 6 вершковаго соснового лѣса. Разстояніе между крайними продольными стѣнками *е, е* сруба 3 сажени, при этомъ верховая стѣнка рубится на мху. Крайнія поперечныя стѣнки *ж, ж* продолжаютъ за заднюю стѣнку *е* на одинъ аршинъ, прирубаютъ къ нимъ открылки

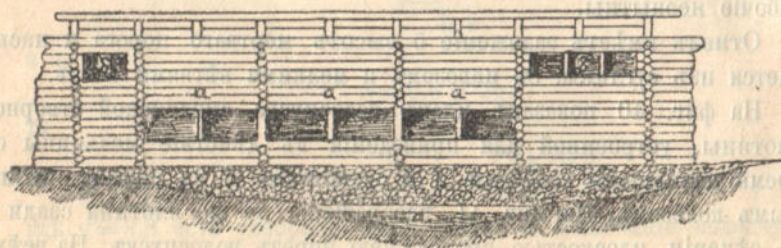
В и В длиною до 2 саж. и съ относомъ въ стороу около 2 аршинъ; открьлки упираются въ пазы столбовъ. Открьлки направляютъ воду въ водоспускъ. Воинный полъ иногда дѣлають,



Фиг. 40.

а иногда и не дѣлають; тогда вода падаетъ на слань, но лучше его дѣлать. Водобойный полъ дѣлается изъ плотно пригнанныхъ двухвершковыхъ досокъ прибитыхъ кованными гвоздями къ продольнымъ брусьямъ и. Для приближенія строенія съ водяными дви-

гателями и укороченія подводящихъ руслъ дѣлають изъ оставшихся обрубковъ или старья вертикальныя стѣнки Г и Г.



Фиг. 41.

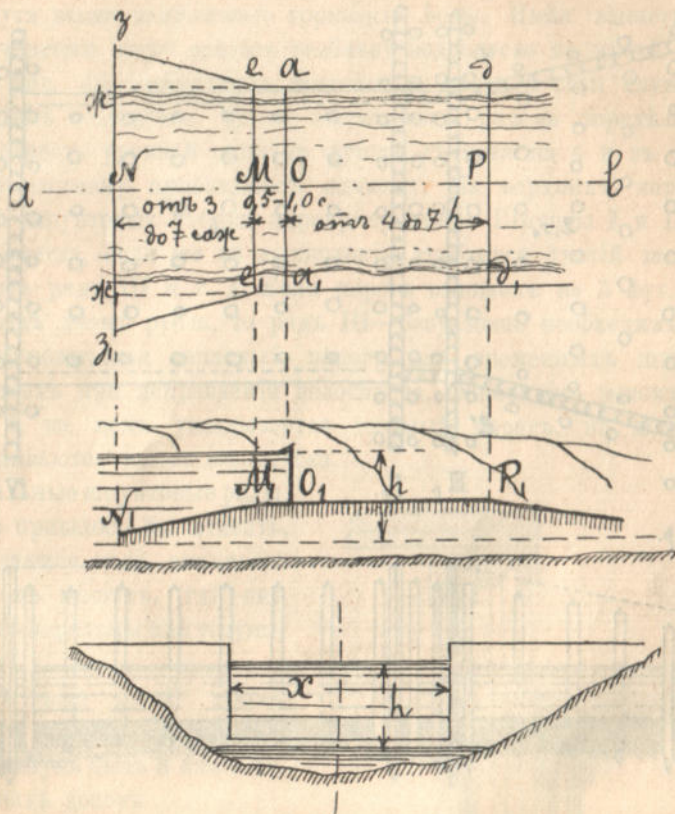
Для связи ряжевого водоспуска съ землянымъ тѣломъ плотины между боковыми стѣнками и нею кладутъ навозъ и плотно утрамбовываютъ его землею. Отмель указанъ пунктиромъ на планѣ, при его насынкѣ поступаютъ такъ. Покрываютъ слань свѣжимъ коровьимъ навозомъ слоемъ въ 6 вершковъ, сверху насыпаютъ слой



суглинокъ въ 6 вершковъ, затѣмъ укладываютъ мелкія еловые вѣтки (лапки) въ 2—3 ряда комлями по теченію и такъ, чтобы комли верхняго ряда перекрывали середину нижнихъ.

На лапки кладутъ навозъ, суглинокъ и снова лапки и т. д. до требуемой высоты. Замачивать отмѣль никогда не слѣдуетъ.

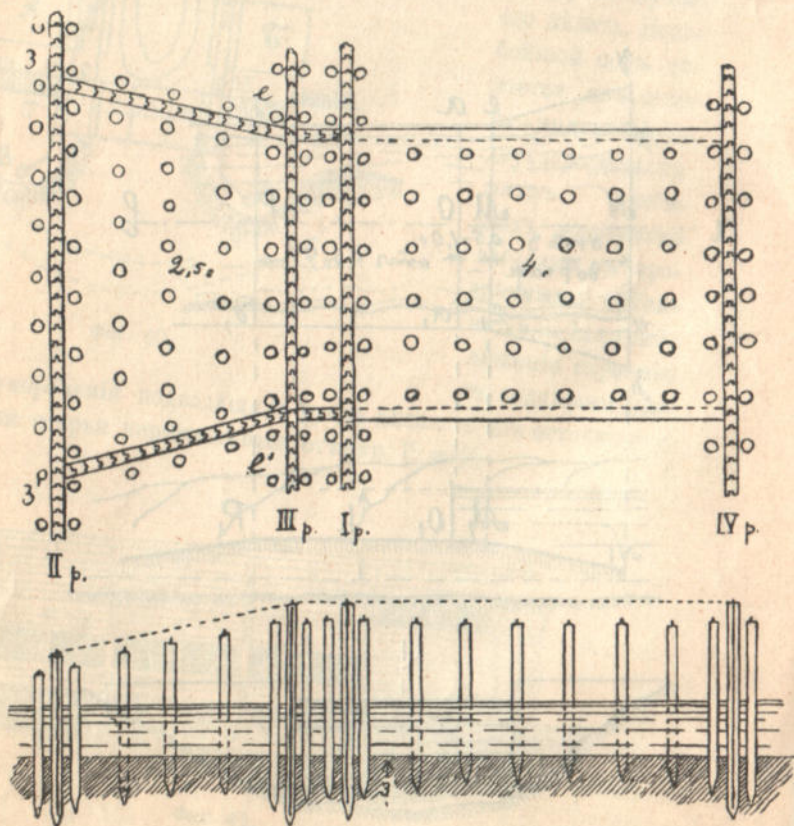
Переходимъ къ устройству водоспуска на шпунтовыхъ и отдѣльныхъ сваяхъ.



Фиг. 42.

Обмѣривъ русло рѣки, прежде всего вычерчиваютъ водоспускъ на бумагѣ. На фиг. 42 данъ чертежъ водоспуска въ трехъ прозекціяхъ. По общей формулѣ опредѣляютъ ширину водоспуска такъ, чтобы толщина слоя текущей воды не была больше 2 метровъ.

Сначала вычерчивают планъ. Проводятъ среднюю линію  $ав$ . Въ выбранномъ мѣстѣ проводятъ  $a_1a$  перпендикулярно къ  $ав$  это линія порога. Отъ точки  $о$  по  $ав$ , въ направленіи къ  $а$ , откладываютъ (вверхъ по теченію) отъ 0,5—1,0 саж. и далѣе 3—7 саженой въ зависимости отъ высоты порога надъ дномъ рѣчки, на длину же сливного пола (внизъ по теченію) откладываютъ 4—7 кратную



Фиг. 43.

величину разности между верхнимъ и нижнимъ уровнемъ. Такимъ образомъ получаютъ точки  $N$ ,  $M$  и  $P$ . Черезъ нихъ проводятъ линіи параллельныя  $a_1a$ , получимъ точки  $жжс_1$   $e$  и  $e_1$   $d$  и  $d_1$ . По линіи  $жжс_1$  откладываемъ  $жз$  и  $жс_1з_1$  отъ  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{4}$   $жжс_1$  и соединяется  $з$ ,  $e$  и  $з_1$  съ  $e_1$ .



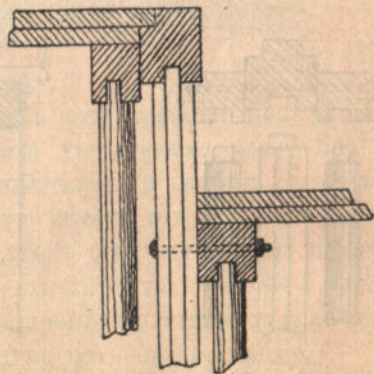
Точки  $N$ ,  $M$ ,  $O$  и  $P$  сносятъ на продольный разрѣзъ, намѣчаютъ дно русла, наносятъ верхній и нижній уровни. Отложивъ высоту порога отъ дна, проводятъ горизонтальную линію водобойнаго пола  $O_1P_1$  и продолжаютъ ее до точки  $M_1$ . Отложивъ подѣ  $M_1P_1$   $\frac{1}{7}$ ,  $PM$  получимъ  $N_1$ , проведемъ  $N_1M_1$  получимъ линію понурнаго пола. Остается вычертить третье сѣченіе. Для этого со второго сносятъ намѣченные высоты на третій чертежъ; вычерчиваютъ дно и берега, откладывая ширину водоспуска и гребень плотины на 2—4 фута выше наивысшаго горизонта воды. Имѣя вышеупомянутые чертежи легко сдѣлать разбивку водоспуска на мѣстѣ.

На фиг. 43 изображены шпунтовые ряды и сваи служащія основаніемъ водоспуска. Число шпунтовыхъ рядовъ опредѣляется такъ: разность уровней воды въ футахъ дѣлится на 4 и къ полученному частному прибавляютъ единицу. На верхнемъ чертежѣ фиг. 43. шпунтовые стѣнки перенумерованы. Шпунты I и II дѣлаются всегда, если же по вычисленію требуется третій шпунтъ забиваютъ рядъ III и т. д. Если порогъ заложенъ на 5 фут. или болѣе надъ дномъ русла, то рядъ III—безусловно необходимъ, на немъ располагается запасный порогъ для временныхъ щитовъ, опускаемыхъ при исправленіи водоспуска. Основнымъ рядомъ является I, на немъ укладывается главный порогъ, на который устанавливаются щиты водоспуска.

Остальные шпунтовые ряды, которые пришлось бы ставить, располагаются подѣ сливнымъ поломъ въ мѣстахъ, гдѣ онъ образуетъ переломы или уступы. (фиг. 44).

Шпунтовые ряды, кромѣ основнаго въ небольшихъ плотинахъ могутъ быть и изъ 2-хъ вершковыхъ досокъ.

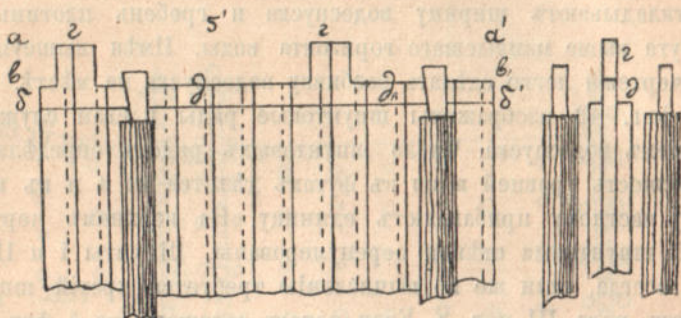
Кромѣ вышеупомянутыхъ поперечныхъ шпунтовыхъ рядовъ должны быть забиты продольные ряды, подѣ понурнымъ поломъ непременно, если же грунтъ слабъ, то и подѣ сливнымъ, гдѣ указано пунктиромъ. Продольные ряды не должны пересѣкать поперечныхъ.



Фиг. 44.

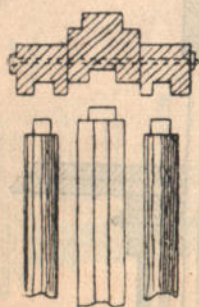
Рамные сваи забиваютъ черезъ 5 футовъ.

Съ мѣрной сваи отмѣчаютъ высоту порога на основномъ шпунтовомъ рядѣ (фиг. 45) и отбиваютъ на немъ горизонтальную линію  $aa'$ , затѣмъ отбиваютъ горизонталь  $bb'$  отмѣтивъ внизъ отъ  $aa'$  толщину мертваго бруса. Наконецъ отбиваютъ на  $2\frac{1}{2}$  вершка выше  $bb'$  линію  $cc'$  и по ней сръзаютъ рядъ, оставивъ шипы  $ee$

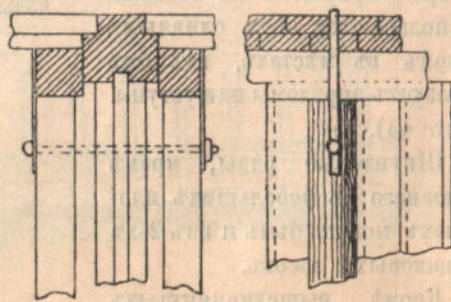


Фиг. 45.

черезъ 4—6 футовъ. Порогъ дѣлается изъ 8 вершковаго соснового дерева, снизу его выбирается пазъ, которымъ онъ и садится на вышеупомянутый гребень  $dd$  ряда и на шипы  $ee$ , для которыхъ въ немъ продѣлываются сквозныя гнѣзда. Для настилки



Фиг. 46.



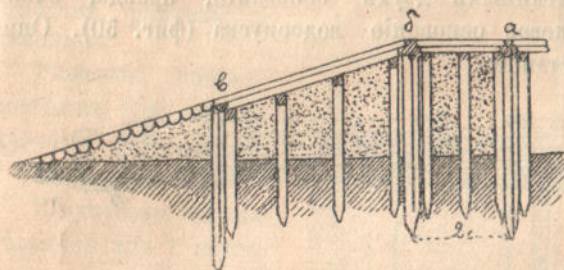
Фиг. 47.

пола въ немъ вынимаются четверти. Если 8 верш. дерева нѣтъ, порогъ дѣлаютъ свертнымъ изъ трехъ брусевъ (фиг. 46.). Порогъ сажается на гребень свай съ войлокомъ, парусиной или сукномъ.



пропитанными горячею смолою, а шипы ее послѣ насадки ко-  
лятся и расклиниваются. Для прочности часто его еще притяги-  
ваютъ желѣзными хомутами къ рамнымъ сваямъ (фиг. 47).

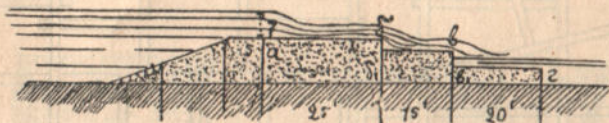
Подъ понурнымъ и сливнымъ поломъ забиваются круглыя сваи  
на разстояніи 3—5 футъ, на нихъ на сквозные шипы, которые  
потомъ расклиниваются, накладываются насадки изъ 6 вершковаго  
дѣса (поперекъ русла).



Фиг. 48.

Длина понур-  
наго пола дѣ-  
лается отъ 3 до  
10 сажень. Его  
уклонъ дѣлается  
 $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{10}$  длины,  
но онъ можетъ  
быть и горизонта-  
ленъ, если порогъ  
на днѣ. На фиг.  
48 представлень

примѣръ понурнаго пола по ломаной линіи съ двумя шпунтовыми  
рядами б и в.



Фиг. 49.

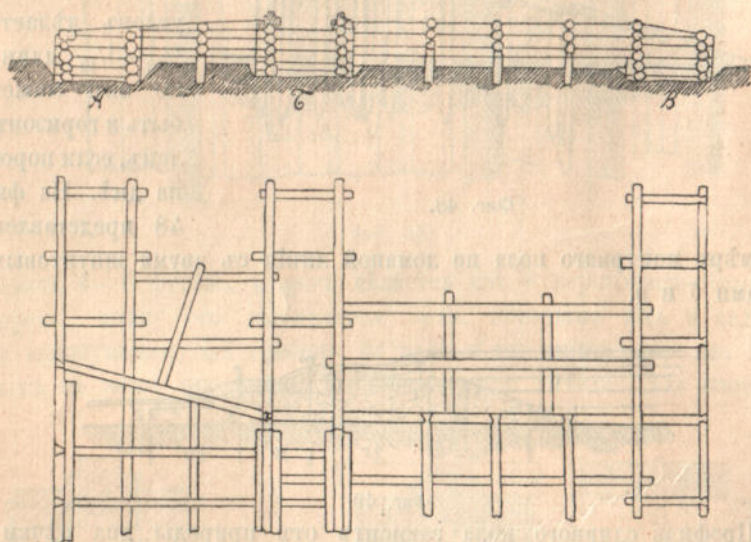
Профиль сливного пола зависитъ отъ природы дна рѣчки и  
высоты напора. Часто его дѣлають уступчатымъ (фиг. 49). За  
порогомъ онъ долженъ быть горизонталенъ и вровень съ нимъ на  
длину въ 5—7 разъ превосходящую высоту воды надъ порогомъ.  
Нижній конецъ сливного пола долженъ быть на 2 фута покрытъ  
низовою водою. Высота уступовъ должна быть не болѣе 5 футовъ.  
На вышеприведенной фиг. показанъ примѣръ плотины съ подъемомъ  
7 футовъ и высотой порога 5 футовъ надъ низовою водою.

Засыпка надъ понурнымъ поломъ до верха насадокъ дѣлается  
изъ тощей глины (или смѣси глины съ пескомъ), а передъ самымъ  
порогомъ кладутъ бетонъ на цементѣ или вообще гидравлическомъ  
растворѣ, толщиною 1,5—2 фута.

Засыпка подъ сливнымъ поломъ не должна задерживать воды, проникшей черезъ шпунтовый рядъ, поэтому ее дѣлаютъ изъ хряща или камня.

Связь между водоспускомъ и берегами или земляною плотиною достигается *береговыми крыльями*, т. е. продолженіемъ поперечныхъ шпунтовыхъ стѣнокъ въ берега. Длина береговыхъ крыльевъ 2—4, высоты напора въ зависимости отъ грунта.

Кромѣ вышеописанныхъ двухъ основаній, правда, очень рѣдко дѣлается ряжевое основаніе водоспуска (фиг. 50). Описывать его мы не станемъ.



Фиг. 50.

Остановимся теперь на устройствѣ самого водоспуска.

Полы понурный и сливной настилаются изъ хорошо притесанныхъ  $2\frac{1}{2}$ —3 дюймовыхъ досокъ, предпочтительно сырыхъ, т. к. онѣ не бухнутъ и не выдерживаютъ гвоздей.

Доски накладываются въ два ряда и пришиваются коваными гвоздями такъ, чтобы щели не сходились. Оба ряда досокъ понурнаго пола конопатятся смоленою пенькою, доски же сливного пола конопатятся только въ нижнемъ ряду.

Для предохраненія сливного пола отъ ледохода врубаютъ въ насадки или кладутъ на нижній рядъ настила продольные

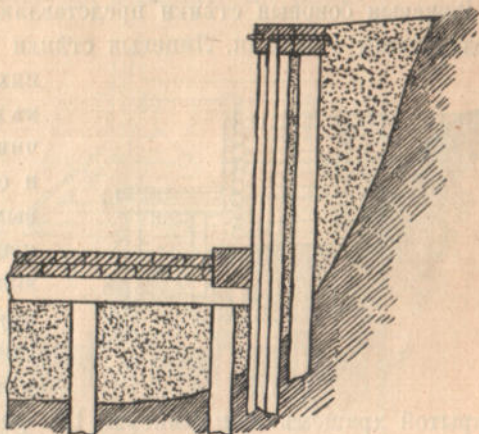


брусъ, укрѣпленные болтами. Сверху брусевъ кладется полосовое желѣзо  $2\frac{1}{2}'' \times \frac{3}{4}''$  подѣ головки болтовъ. Гайки болтовъ лучше завертывать снизу, а головки брать круглыя.

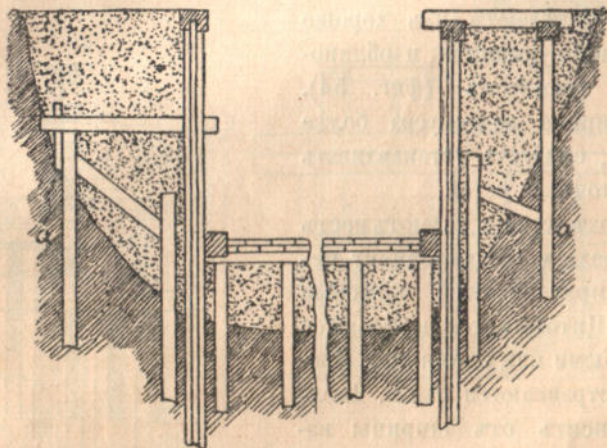
Боковыя стѣнки водоспуска дѣлаются изъ шпунтовыхъ рядовъ изъ досокъ, пришитыхъ къ стойкамъ, ряжевыя и каменные.

Ряжевыя предпочитаютъ, т. к. прочнѣе прочихъ деревянныхъ и дешевле каменныхъ.

Шпунтовые стѣнки дѣлаются изъ 7. вершковыхъ свай. Для увеличенія устойчивости скрѣпляютъ насадки рамныхъ свай и шпунтовой стѣнки болтами. (фиг. 51).



Фиг. 51.

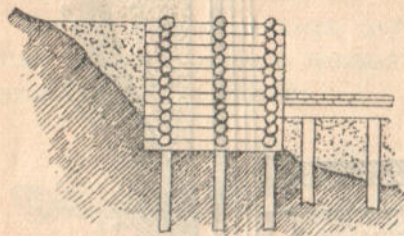


Фиг. 52.

Если высота боковыхъ стѣнокъ превышаетъ 1 саж. употребляютъ анкерныя сваи *a* и *a* (фиг. 52) черезъ 1,5 саж. головами наклоненныя

къ берегу. Черезъ 12—18 лѣтъ непокрытыя водою сваи требуютъ замѣны; однако наращиваніе свай дѣлается рѣдко, предпочитаютъ ставить стойки и зашивать  $1\frac{1}{2}$  вершковыми досками снаружи и снутри.

Ряжевыя боковыя стѣнки представляютъ собою ящики съ тремя продольными стѣнками. Лицевыя стѣнки вяжутся въ лапу и изъ



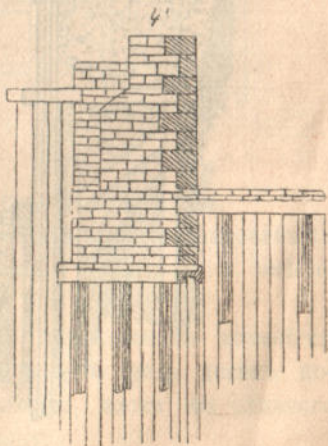
Фиг. 53.

покрытой хрящемъ или камнемъ. На фиг. 53 изображена задняя стѣнка ряжа на свайномъ основаніи.

Каменные боковыя стѣнки встрѣчаются рѣдко. Каменные быки устанавливаются на сваяхъ со шпунтовымъ продольнымъ рядомъ. Количество свай подъ быкъ опредѣляется изъ соображенія, что на 1 кв. вершокъ свай можетъ быть положенъ грузъ въ 10—20 пуд.

Кладку дѣлаютъ изъ хорошо обожженного кирпича и облицовываютъ гранитомъ (фиг. 54). Если ширина водоспуска болѣе  $4\frac{1}{2}$  саж., слѣдуетъ устанавливать промежуточный устой.

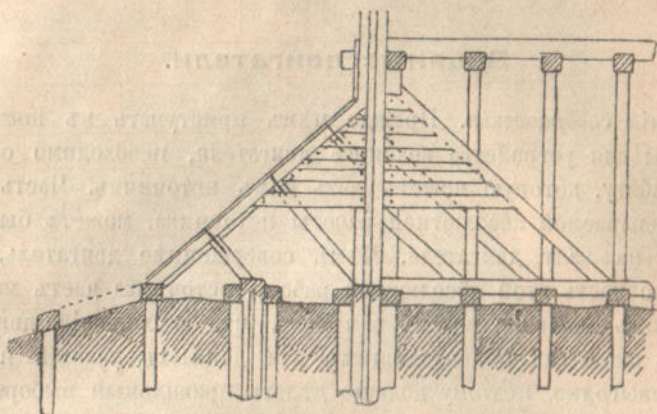
Поверхъ устоевъ дѣлаютъ мостъ на переходахъ. Къ переднему переходу прислоняются щитовыя стойки. Щитовыя стойки дѣлаются постоянными или съемными. Последнія устраиваются рѣдко. Число ихъ зависитъ отъ ширины водоспуска и ширины щитовъ, изменяющейся отъ  $2\frac{1}{2}$ —6 футовъ. Стойки обтесываются изъ 8 вершковыхъ бревенъ съ четвертью для щита. Для усиленія стоекъ



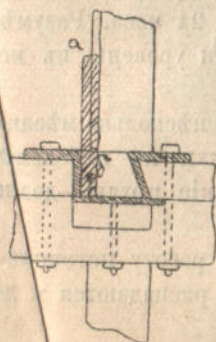
Фиг. 54.



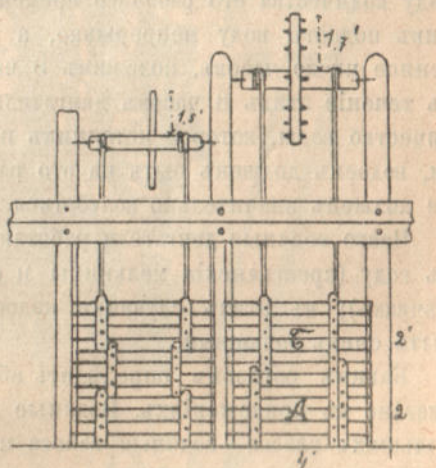
употребляют подкосы. Съ порогомъ стойки скрѣпляются шипомъ. Если пролетъ достигаетъ четырехъ сажень и глубина текущей воды достигаетъ 2 арш., средняя стойка основательно раскрѣпляется упорными брусьями и зашивается досками (фиг. 55).



Фиг. 55.



Фиг. 56.



Фиг. 57.

Съенныя стойки на Тульскомъ оружейномъ заводѣ нижнимъ шипомъ ставлены въ особыя чугунныя коробки (фиг. 56), укрѣпленныя болтами на порогѣ.

Если между стойками расстояние не больше 4 футов, щиты высотой 3 фута дѣлаются изъ 3" досокъ вышеописаннаго типа и поднимаются вагою. Нижніе щиты дѣлаются изъ досокъ въ 4" и 5" или изъ двухъ слоевъ досокъ въ 3". Щиты больше широкіе поднимаются при помощи ворота (фиг. 57).

### Водяные двигатели.

*Общая соображенія.* Прежде чѣмъ приступать къ постройкѣ плотины для устройства водяного двигателя, необходимо опредѣлить работу, которую можетъ дать намъ источникъ. Часть этой, такъ называемой абсолютной работы источника, можетъ быть получена на валу двигателя. Чѣмъ совершеннѣе двигатель, тѣмъ большую часть этой абсолютной работы источника даетъ машина. При этомъ однако слѣдуетъ замѣтить, что и хорошій двигатель можетъ оказаться неподходящимъ для данныхъ условий и работать невыгодно, поэтому должно дѣлать правильный выборъ конструкціи его.

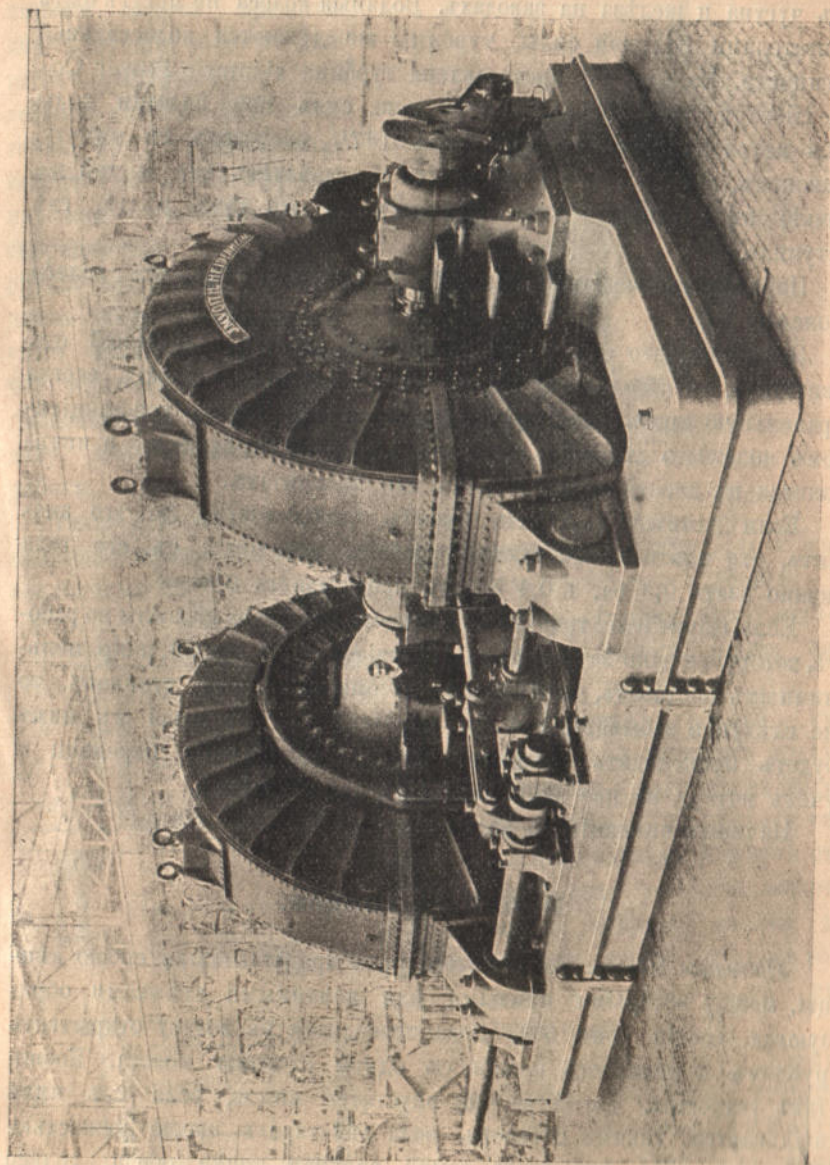
При расчетѣ мощности двигателя не слѣдуетъ упускать изъ виду количества его рабочаго времени въ годъ или сутки. Источникъ подаетъ воду непрерывно, а двигатель работаетъ опредѣленное число часовъ, положимъ 8 часовъ въ сутки; понятно, что въ теченіе этихъ 8 часовъ двигатель долженъ пропустить то количество воды, которое источникъ подаетъ въ 24 часа. Разумѣется, водоемъ долженъ быть на это рассчитанъ и уровень въ немъ не долженъ значительно колебаться.

Часто водяные двигатели работаютъ только нѣсколько мѣсяцевъ въ году (крестьянскія мельницы и сукновалы на небольшихъ рѣчкахъ); въ этихъ случаяхъ водоемы—верхніе пруды—должны быть очень большими.

Какимъ образомъ опредѣлить абсолютную работу источника—указано въ приложеніяхъ. Водяные двигатели распадаются на два большихъ класса—водяныя колеса и турбины.

Водяныя колеса имѣютъ горизонтальную ось и вращаются съ небольшимъ числомъ оборотовъ; турбины устанавливаются на осяхъ вертикальныхъ и горизонтальныхъ, и ихъ число оборотовъ достигаетъ очень значительной величины. Водяныя колеса представляютъ громоздкія сооруженія, большею частью исполняемыя





Фиг. 58.

изъ дерева и на мѣстѣ, турбины—очень компактыя и строятся изъ чугуна и желѣза на заводахъ. Водяныя колеса не могутъ быть двигателями большой силы, турбины же дѣлаются колоссальной мощности. На фиг. 58 представлена турбина «Ontario Power Co» на Ниагарѣ, развивающая 12.000 лш. силъ при паденіи воды 53,4 метра и дѣлающая при этомъ  $187\frac{1}{2}$  оборотовъ въ минуту. Наконецъ, вода вступаетъ въ колесо и оставляетъ его въ той же точкѣ; въ турбинѣ — вода выходитъ не въ томъ мѣстѣ, гдѣ вступила.

Переходомъ между турбинами и колесами является колесо Понселе.

Замѣтимъ, что отношеніе количества работы, полученной отъ двигателя, къ абсолютной работѣ источника представляетъ всегда правильную дробь—меньше единицы—и называется коэффициентомъ полезнаго дѣйствія двигателя, обозначается буквою  $\eta$  и исчисляется въ десятичныхъ знакахъ или процентахъ.

Если данный двигатель имѣетъ  $\eta=0,6=60\%$ , то это значитъ, что изъ всей абсолютной работы источника съ его вала можно взять 0,6 ея, а 0,4 будутъ представлять потерю.

Если вычисленіе требуемой мощности двигателя дѣлается по работѣ, которую нужно затратить на дѣйствіе машинъ орудій, напр. мельничныхъ поставовъ, вальцовокъ, лѣсопилокъ и др. станковъ, то не слѣдуетъ забывать, что при передачѣ отъ двигателя къ нимъ будетъ происходить нѣкоторая потеря. Вычисленіе передачи и учетъ потери на нее даны также въ приложеніяхъ.

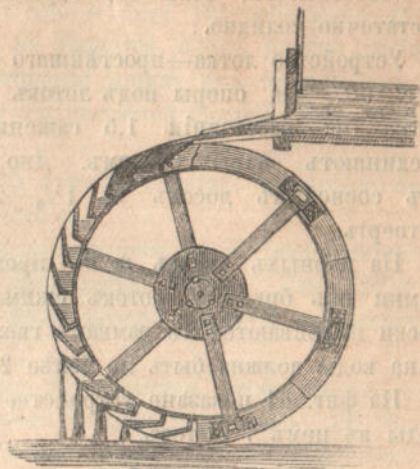
Начнемъ описаніе съ водяныхъ колесъ.

## Водяныя колеса.

*Наливное колесо.* Колеса этого рода представляютъ собою вѣнцы, между которыми кривыми или ломаными стѣнками образуются ковши (фиг. 59). Вода подводится къ колесу открытымъ русломъ и наливаетъ ковши съ одной стороны колеса. Ковши такъ устроены, что когда они опустятся внизъ, вода изъ нихъ выливается. Такимъ образомъ вода дѣйствуетъ своею тяжестью. Если вода вливается около самой верхней точки обода, колесо называется *верхнебойнымъ*, если же вода подводится около уровня вала, колесо называется *среднебойнымъ*.

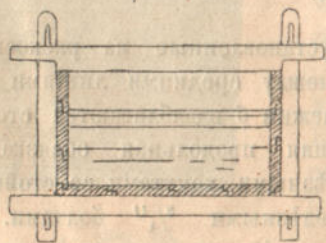
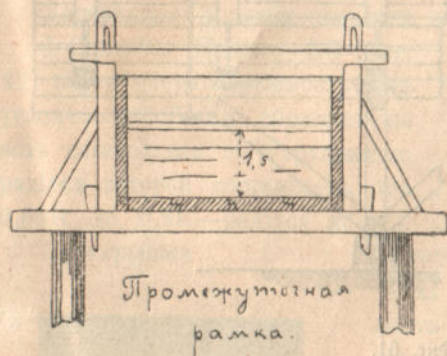


Хорошо построенныя наливныя колеса представляютъ лучшіе водяные двигатели. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія ихъ достигаетъ 85%. Недостаткомъ колесъ такого типа является ихъ малое число оборотовъ, современныя же машины орудія требуютъ большого числа оборотовъ (за немногими исключеніями), такъ что приходится устраивать громоздкую и тяжелую передачу, поглощающую много работы.



Фиг. 59.

Также невыгодно строить наливныя колеса при паденіи менѣе 2 метровъ и болѣе 7, т. к. въ послѣднемъ случаѣ колеса выходятъ очень громоздки и дороги.



Фиг. 60.

Кромѣ всего этого водяныя наливныя колеса не тепрять подтопа.

Разность уровней въ верхнемъ и нижнемъ прудѣ цѣликомъ использована быть не можетъ, т. к. приходится дѣлать подводящій лотокъ съ паденіемъ, а также зазоръ между ободомъ колеса и лоткомъ, и между ободомъ колеса и низовой водой въ отводящемъ каналѣ.

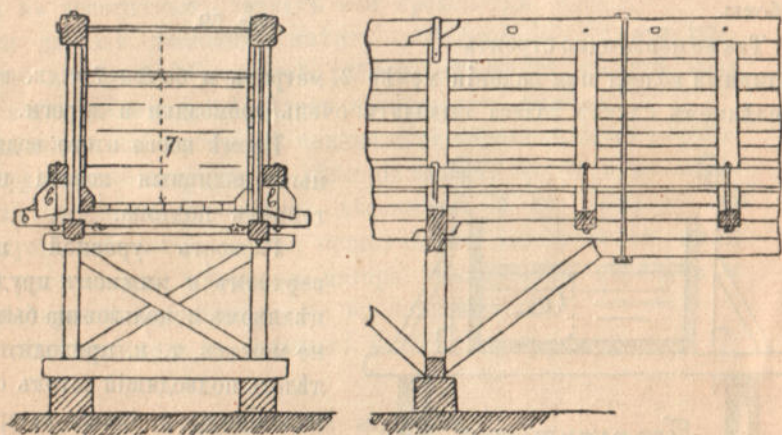
Прежде всего укажемъ какимъ образомъ устраивается ларь, подводящій воду къ колесу. Такъ какъ вѣсъ воды очень великъ, то устройство приводнаго канала

въ особенности, если его глубина порядочная, должно быть достаточно солидно.

Устройство лотка—простѣйшаго приводнаго русла показано на фиг. 60. Для опоры подъ лотокъ вбиваютъ сваи парами вдоль лотка на разстояніи 1,5 сажени пара отъ пары и поверхъ соединяютъ пары брусомъ. Дно и стѣнки лотка дѣлаются изъ сосновыхъ досокъ въ  $1\frac{1}{2}$ —2 вершка, притесанныхъ въ четверть.

На парныхъ сваяхъ и въ промежуткѣ при помощи особой рамки изъ брусьевъ лотокъ сжимается клиньями. Кромѣ этого доски прибиваются къ рамкамъ гвоздями. Въ такомъ лоткѣ глубина воды должна быть не болѣе 2 футовъ.

На фиг. 61 показано устройство приводнаго ларя при глубинѣ воды въ немъ 7 футовъ.



Фиг. 61.

Въ продольные прогоны *а*, установленные на раскосныхъ опорахъ, на разстояніи 4 футовъ между средними линиями врубаются поперечные лежни *б*. Въ лежни *б* вдалбливаются стойки, по которымъ укладывается верхняя продольная обвязка. На стыкахъ обвязку скрѣпляютъ желѣзными хомутами со стойками. Верхняя обвязка стягивается желѣзными  $\frac{3}{4}$ " болтами. Для поддержанія стоекъ и воспрепятствованія ихъ скольженію въ леж-



ни врубають *свинки в.в.*, сжимаемыя продольными брусьями при помощи болтовъ. Доски на дно и бока употребляются двух-вершковыя, четверти въ нихъ не дѣлается, а онѣ плотно прифуговываются. Съ внутренней стороны ящика ихъ кромки скашиваются и швы проконопачиваются смоленой паклей. Весь лотокъ осмаливается три раза.

Если приходится приводный ларь располагать высоко, то сваи подъ нимъ раскрѣпляются подкосами.

Части свай на уровнѣ воды подвержены болѣе всего гніенію. Черезъ 12—15 лѣтъ ихъ уже приходится мѣнять. Для удобства рекомендуютъ сваю опиливать ниже уровня воды и на нее устанавливается верхнее строеніе.

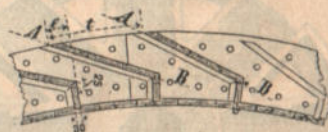
Какъ уже мы сказали, колеса исполняются деревянными или металлическими. Последнія дороже и строятся только для большихъ мощностей. Здѣсь опишемъ устройство и вычерчиваніе деревянныхъ лопатокъ, устройство же желѣзныхъ, ихъ вычерчиваніе и расчетъ колесъ вообще, желѣзныхъ и деревянныхъ, помѣщены въ приложеніяхъ.

Деревянные лопатки вычерчиваются очень просто.

Приведемъ два способа ихъ построенія.

Деревянная лопатка состоитъ изъ двухъ прямыхъ АВ и ВС.

I Способъ. Прямая АВ (фиг. 62) пересѣкаетъ окружность подъ угломъ  $= 30^\circ$ . Такимъ образомъ она есть касательная къ окружности, радіусъ которой составляетъ отъ 0,85R до 0,9R—радіуса колеса.



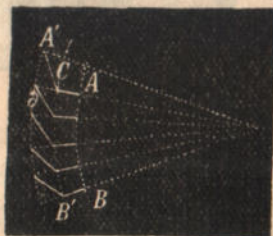
Фиг. 62.

Перекрышка

$$l = \infty, 25t.$$

II Способъ. Внутреннюю окружность дѣлать на число ковшей и черезъ точки дѣленій проводить радіусы.

Затѣмъ между кругами внѣшнимъ и внутреннимъ проводятъ средній В'С (фиг. 63) на равномъ разстояніи отъ АА'. Остается соединить А' съ С и т. д.

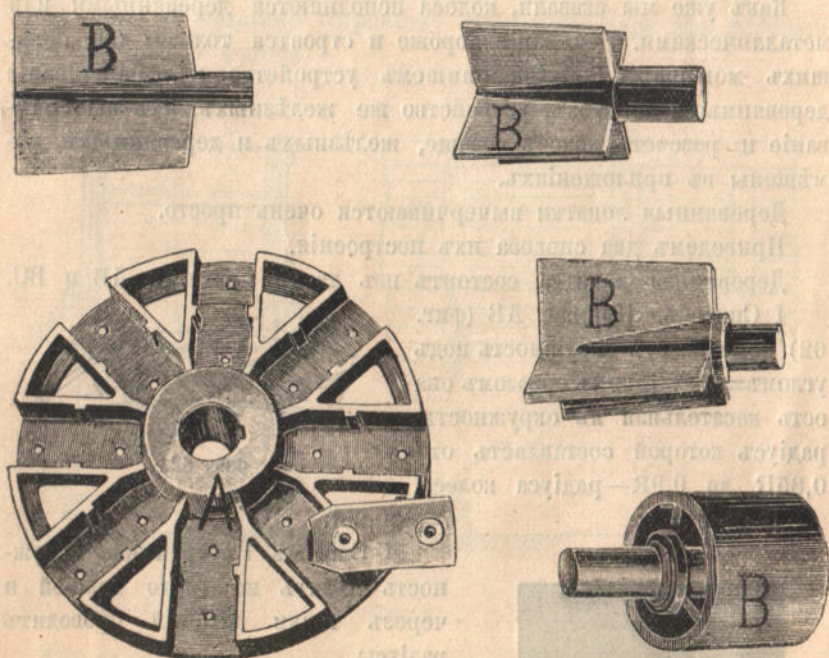


Фиг. 63.

Кратчайшее разстояніе между двумя смежными ковшами должно быть не менѣе 1,1 толщины слоя вливающейся воды. Въ противномъ случаѣ будетъ большое разбрызгиваніе.

Деревенскіе колесники примѣняютъ обычно этотъ послѣдній способъ, но колеса, по нему выстроенныя,—хуже.

Деревянные ковши расплескиваютъ воду и уменьшаютъ емкость колеса, поэтому ихъ выгоднѣе замѣнять желѣзными. Желѣзо лопатокъ не загибается угломъ, а плавною привою (фиг. 4 въ приложеніяхъ), такъ получается полужелѣзное колесо. Иногда при большихъ размѣрахъ колесъ еще дѣлаютъ ступицу колеса и валъ изъ чугуна (рѣдко валъ дѣлаютъ изъ желѣза). Вѣнцы же, спицы и опалубку почти никогда не дѣлаютъ желѣзными. На фиг. 64



Фиг. 64.

изображены металлическія части для колесъ: А—чугунная ступица для желѣзнаго вала, В—различные виды шиповъ для деревянныхъ ватовъ. Колеса не терпятъ подтопа и сколько нибудь значительнаго колебанія уровня воды.



*Средне-наливныя колеса.* Колеса этого типа отличаются отъ предыдущихъ лишь способомъ подведенія воды къ нимъ. Средне-наливныя колеса также боятся подтопа, но колебаніе верхняго уровня не отражается на ихъ дѣйствіи.

Средненаливныя колеса устраиваются съ направляющимъ аппаратомъ и цѣна ихъ значительно выше предыдущихъ. Къ такимъ колесамъ вода подводится изъ ларя отдѣльными, ввидѣ щелей каналами наивыгоднѣйшимъ образомъ. Эти каналы и называются направляющимъ аппаратомъ. На фиг. 65 представлено колесо съ деревянными лопатками.

Въ передней стѣнкѣ ларя  $AB$  устроены каналы  $O$ , которые можно по желанію закрывать всѣ или часть закрыть задвижками  $a$  и  $b$ , а часть оставить открытыми. На фиг. 65 открытъ одинъ средній. Этимъ достигается регулировка расхода, а слѣдовательно и работы.

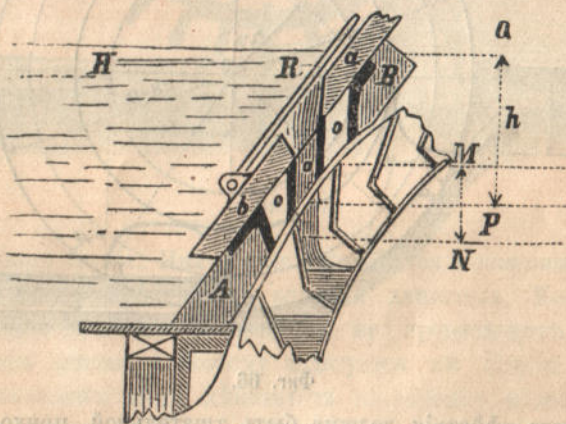


Рис. 65.

Обычно колесо работаетъ при одномъ открытомъ каналѣ, который выбирается въ зависимости отъ высоты уровня въ ларѣ. Для наивыгоднѣйшаго использованія работы воды число оборотовъ должно быть согласовано съ высотой напора  $h$ .

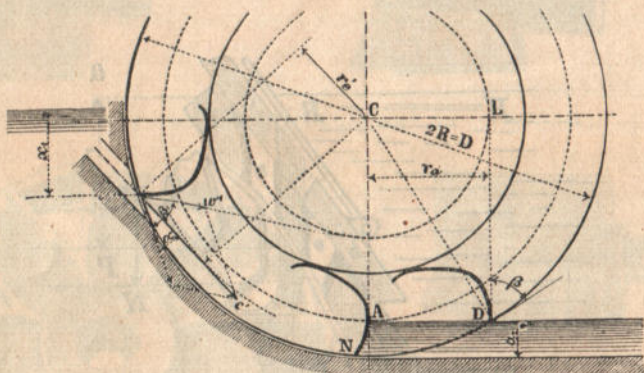
Разумѣется лопатки колеса могутъ быть исполнены и желѣзными. Расчетъ колесъ ничѣмъ не отличается отъ расчета колесъ верхне-

наливныхъ. Къ этому типу колесъ близко подходят колеса среднебойныя.

*Среднебойныя колеса.* Колеса этого типа дѣйствуютъ отчасти ударомъ воды, а отчасти ея вѣсомъ. Устраиваются они или съ направляющимъ аппаратомъ или съ водосливомъ.

Для правильнаго дѣйствія, зазоръ между русломъ и лопатками колеса долженъ быть возможно малымъ (не болѣе 15 миллиметровъ  $= \frac{1}{3}$  вершка). Въ лучшихъ конструкціяхъ съ желѣзными лопатками и бетоннымъ, выложеннымъ чугунными обточенными пластинами, русломъ зазоръ дѣлается въ 5 миллиметровъ, около  $\frac{1}{9}$  вершка.

На фиг. 66 представлено среднебойное желѣзное колесо съ направляющимъ аппаратомъ, а на фигурѣ 67—деревянное колесо съ водосливомъ. Ввиду того, что пригонка колеса къ руслу для его



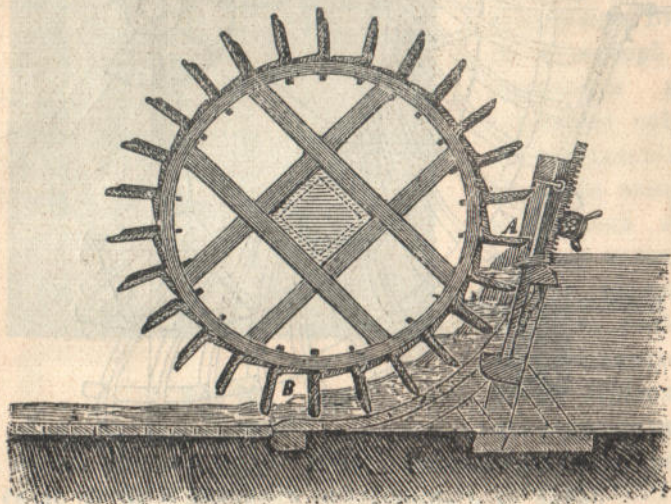
Фиг. 66.

экономичнаго дѣйствія должна быть тщательной, приходится производить точную установку колеса на каменныхъ устояхъ. При этомъ для того, чтобы колесо осѣвшее отъ изнашиванія подшипниковъ не задѣвало за русло, нижній вкладышъ подшипниковъ дѣлается подвижнымъ на клинѣ и долженъ быть отъ времени до времени поднимаемъ.

Для того же, чтобы соръ, попадающій въ водѣ, не могъ повредить колеса, передъ затворомъ въ ларѣ устанавливается сѣтка. Вслѣдствіе всего вышеизложеннаго среднебойнаго колеса дороги. Чѣмъ діаметръ колеса больше, тѣмъ это выгоднѣе, но тѣмъ дви-



гатель тяжелѣе и дороже. Обыкновенно принимаютъ діаметръ колеса на 3,5 метра (5 аршинъ) болѣе высоты паденія. Расчетъ среднебойныхъ колесъ данъ въ приложеніяхъ. Для очень малыхъ напоровъ устраиваютъ колеса Цуппингера (фиг. 68). Данные о нихъ тоже въ приложеніяхъ.

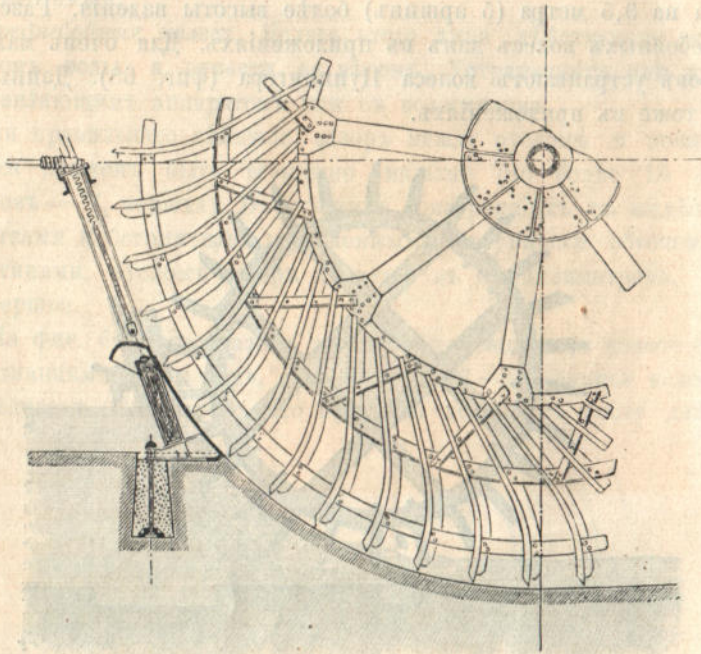


Фиг. 67.

*Подмывныя колеса.* Иначе они называются *пошвенными* и представляютъ собою простѣйшій водяной двигатель. Коэффициентъ ихъ полезнаго дѣйствія не высокъ, не превосходитъ 35%, но колесо очень дешево и поэтому пользуется въ Россіи большимъ распространеніемъ. Вода дѣйствуетъ на лопатки колеса ударомъ. Колеса этого типа строятся съ прямыми—деревянными (фиг. 69) и кривыми желѣзными лопатками. Последнія по имени изобрѣтателя называются колесами (фиг. Понселе 70) и даютъ прекрасный коэффициентъ полезнаго дѣйствія до 65%.

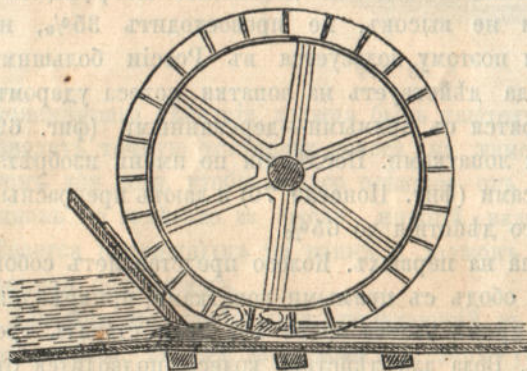
Остановимся сначала на первыхъ. Колесо представляетъ собою по возможности легкій ободъ съ прямыми лопатками, прикрѣпленными къ нему. При ширинѣ колеса болѣе  $1\frac{1}{2}$  арш. ставятъ третій ободъ въ серединѣ. Вода для дѣйствія колеса подводится открытымъ русломъ, которое или дѣлается наклоннымъ, какъ дано на фиг. 69 или кривымъ, представляющимъ долю окружности,

какъ представлено на фиг. 71. Последнее лучше. Чтобы отрабо-



Фиг. 68.

тавшая вода имѣла свободный выходъ дѣлають русло или сильно покатымъ или уступъ позади колеса въ 5—6 вершковъ.



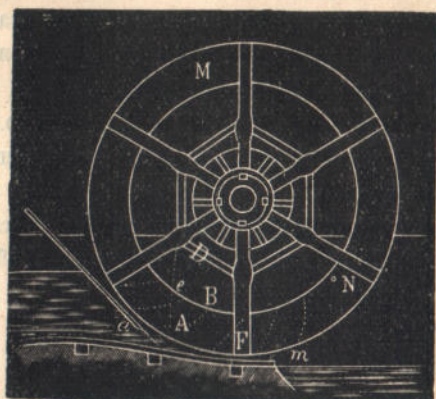
Фиг. 69.

Высокая экономичность колеса Понселе зависитъ отъ того, что вода вступаетъ въ него безъ удара и покидаетъ колесо съ очень малою скоростью. Достигается это правильнымъ подборомъ кривизны лопатокъ. Вливаясь въ колесо вода поднимается по лопаткѣ,



а выливаясь, опускается по ней и во все это время давить на колесо, отдавая ему свою скорость.

Расчет подливных колесъ помѣщенъ въ приложенияхъ.



Фиг. 70.

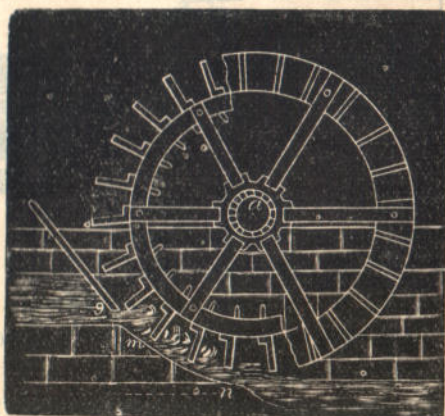
Въ заключеніе о водяныхъ колесахъ мы позволимъ себѣ сказать слѣдующее. Въ вопросѣ о выборѣ колеса приходится руководствоваться слѣдующими соображеніями.

Наиболѣе экономными въ расходѣ воды на единицу мощности являются наливныя колеса, въ особенности верхненаливныя ( $\eta$  до 85%). Нѣсколько менѣе экономными явля-

ются колеса Понселе ( $\eta$  до 65%), затѣмъ слѣдуютъ среднебойныя ( $\eta$  до 60%) и наконецъ подливныя ( $\eta$  до 35%).

Колеса верхненаливныя и пошвенныя хуже другихъ регулируются, а первыя кромѣ того не терпятъ измѣненія уровня сколько-нибудь значительнаго.

Колеса пошвенныя и наливныя являются самыми простыми и дешевыми; нѣсколько дороже средненаливныя и Понселе; самыми же дорогими являются среднебойныя. Подтопа бояться всѣ вообще колеса, въ особенности наливныя, менѣе же всѣхъ—среднебойныя.



Фиг. 71.

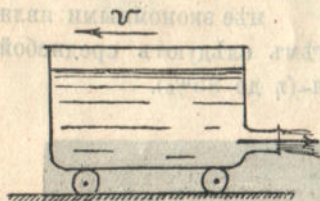
## Т у р б и н ы.

Турбины представляют собою двигатели съ большимъ числомъ оборотовъ сравнительно съ водяными колесами. Онѣ гораздо компактнѣе. Турбина состоитъ изъ вала, подвижнаго колеса съ кривыми лопатками и неподвижнаго колеса тоже съ кривыми лопатками, такъ называемаго, направляющаго аппарата.

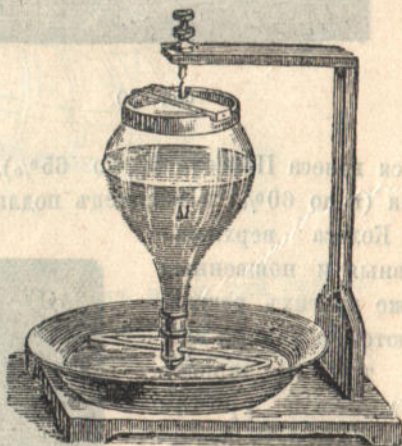
Направляющій аппаратъ подводитъ рабочую воду къ колесу, раздѣляетъ ее на струи и впускаетъ ихъ съ наивыгоднѣйшимъ направленіемъ въ подвижное колесо.

Колесо же или принимаетъ ударъ струи воды на свои лопатки—турбины акціалныя—или измѣняетъ направленіе струи—турбины реактивныя—и отъ этого вращается.

Дѣйствіе реактивной турбины основано на свойствѣ вытекающей струи производить



Фиг. 72.



Фиг. 72а.

давленіе въ сторону противоположную вытеканию. Если взять сосудъ, представленный на фиг. 72 и поставить его на колеса, то онъ покатится въ сторону, указанную стрѣлкою. Реакція вытекающей жидкости можетъ быть легко измѣрена.

На этомъ же основано вращеніе Сегперова колеса, представляющаго модель реактивной турбины и изображеннаго на фиг. 72 а

Валь турбины можетъ быть горизонтальнымъ или вертикальнымъ, въ первомъ случаѣ направляющій аппаратъ и колесо будутъ въ вертикальной плоскости, во второмъ—въ горизонтальной.







Турбины раздѣляются на осевыя и радіальныя. Осевыми называются тѣ, въ которыхъ вода подводится по оси, радіальными тѣ, въ которыхъ вода подводится по радіусу. Въ первыхъ направляющій аппаратъ расположенъ надъ колесомъ, точнѣе впереди колеса, во вторыхъ онъ охватываетъ колесо или находится внутри колеса. Первые будутъ турбины съ внѣшнимъ, вторыя съ внутреннимъ подведеніемъ воды. Наконецъ турбины бываютъ полныя и парціальныя. Полными называются турбины, въ которыхъ вода подводится по всему рабочему колесу, порціальными же тѣ, въ которыхъ рабочее колесо только на нѣкоторой своей части получаетъ воду.

Постройка турбины — дѣло завода, поэтому мы ограничимся лишь описаніемъ устройства четырехъ типичныхъ турбинъ, и колеса Пельтона, подробности коснувшись лишь ихъ установкѣ.

*Турбина Геншель-Жонваля.* Эта турбина принадлежитъ къ осевымъ турбинамъ. Турбины Жонваля пользуются большимъ распространеніемъ и имѣютъ наиболѣе простое устройство.

На фиг. 73 показана турбина на вертикальномъ валу.

Турбина состоитъ изъ рабочаго колеса *A* посаженнаго на шпонкѣ на вертикальномъ длинномъ валу *C*. Колесо представляетъ два чугунныхъ вѣнца, въ которые залиты чугунныя или желѣзныя лопатки. Лопатки представляютъ тонкія кривыя перегородки *a', a', a'*; на фиг. 73, онѣ представлены въ сѣченіи вертикальною плоскостью (въ лѣвомъ верхнемъ углу).

Надъ рабочимъ колесомъ расположенъ направляющій аппаратъ *B* представляющій колесо, подобное рабочему колесу. Лопатки направляющаго аппарата *b', b', b'* изогнуты въ обратную сторону (фиг. 73 I).

Направляющій аппаратъ укрѣпленъ на днѣ деревяннаго ящика. Валъ *C* проходитъ черезъ направляющій аппаратъ въ деревянномъ сальникѣ, устройство котораго ясно видно на фиг. 73 II, изображающей отдѣльно рабочее колесо и направляющій аппаратъ.

Вертикальный валъ *C* поднимается выше уровня воды и имѣетъ опору — вертикальный подшипникъ и кольцевую пятю, которые привертываются къ плитѣ, опирающейся на двѣ балки *e, e*. На верхній конецъ вала обычно насаживается зубчатое коническое колесо *f*, посредствомъ котораго и передается движеніе отъ турбины горизонтальному валу.

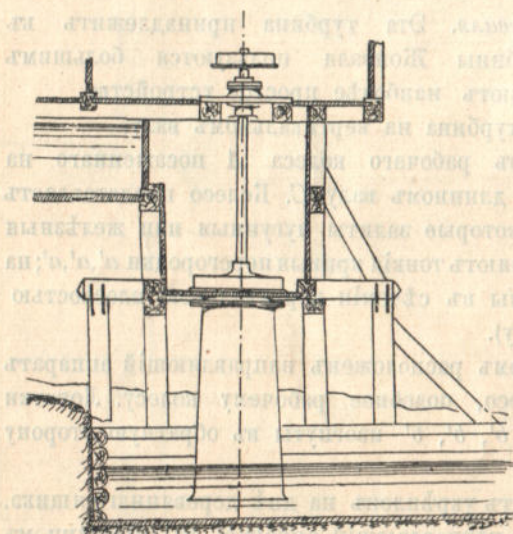


Пяту иногда ставят внизу, под рабочим колесом на фундаментъ.

Если желаютъ, чтобы турбина работала не на полную нагрузку, часть каналовъ направляющаго аппарата закрываютъ особыми клапанами *D*.

Вода къ турбинѣ подводится открытымъ ларемъ *H*. Для улавливанія щепокъ и вообще плывущихъ тѣлъ, передъ турбиною устанавливается желѣзная рѣшетка изъ наклонно поставленныхъ прутьевъ. Наклонно устанавливается рѣшетка для того, чтобы граблями удобно было собирать захваченные ею обрубки, хворостъ, щепы и т. п. плавающие предметы.

Ларь устраивается совершенно такъ же, какъ было выше описано.



Фиг. 74.

Черезъ щитъ *G*, поднимаемый при помощи подъемнаго приспособленія, обычно борта, вода попадаетъ въ колодезь турбины *E*. Ящикъ долженъ быть плотенъ и достаточно проченъ, чтобы выдерживать давленіе воды. Дѣлаютъ его изъ двухъверхковыхъ досокъ съ верхней, нижней и средней обвязкой и вертикальными стойками, укрепленными подкосами. На фиг. 73 колодезь изображенъ детально.

Если направляющій аппаратъ возвышается надъ дномъ колодца, для выпуска остающейся воды устраиваютъ отверстіе закрываемое сверху штыремъ.

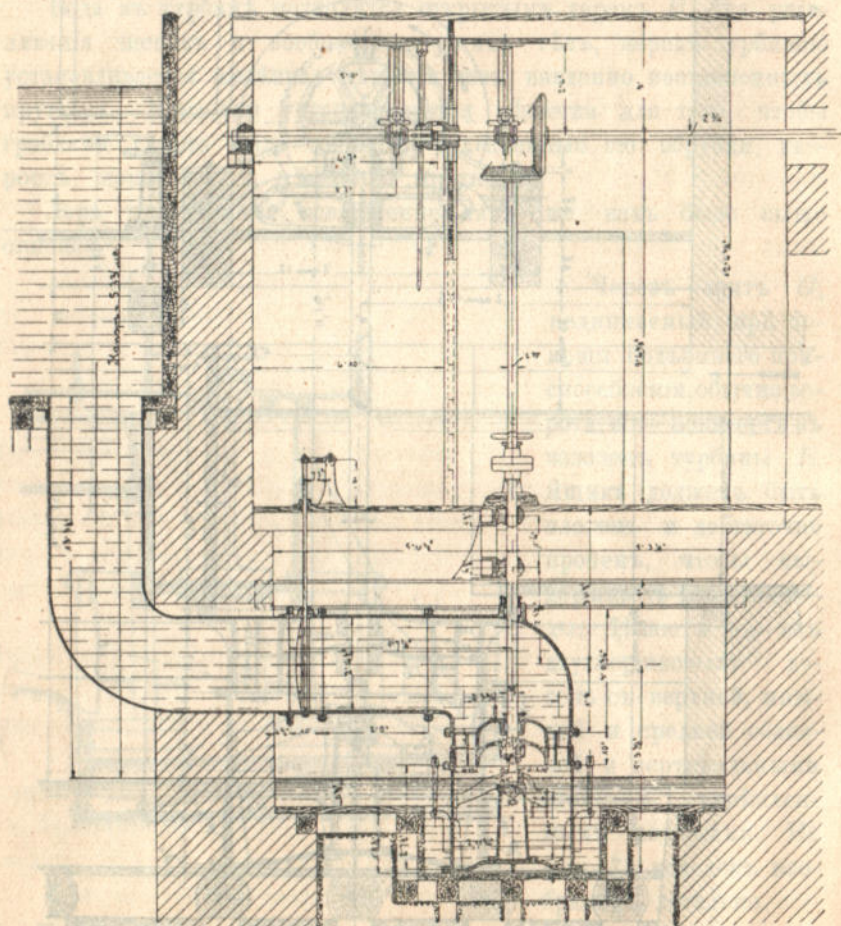
Глубину колодца не слѣдуетъ дѣлать болѣе 2—2½ метровъ.

Если паденіе превышаетъ эту величину, то въ предѣлахъ 2½—5 метровъ устраиваютъ такъ называемую всасывающую





Регулирование числа оборотов турбины со всасывающей трубой может быть достигнуто слѣдующимъ образомъ (фиг. 75). Внизу закрытой дномъ всасывающей трубы остаются нѣсколько оконъ



Фиг. 76.

всегда находящихся подъ водою. При помощи снаружи надѣтаго кольца можно частью или совершенно закрыть выходныя отверстія.





построенная инж. мех. Пермяковымъ въ Имп. Техн. Училищѣ. Работаетъ она при паденіи 5,7 метра.

Чѣмъ будетъ больше поперечное сѣченіе подводящаго канала, тѣмъ медленнѣе будетъ теченіе въ немъ, и тѣмъ меньше будетъ потеря напора.

Обычно поперечное сѣченіе подводящаго канала подбираютъ такимъ, чтобы скорость въ немъ не превосходила 1 метра въ секунду.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія турбины Жонваля отъ 0,70 до 0,75. Турбина Жонваля не боится подтопа.

*Турбина Жирара.* Турбина Жирара въ большинствѣ устраивается въ видѣ осевой. Устройство ея нѣсколько сложнѣе. Главное ея отличие въ томъ, что вступающая вода сплошь заполняетъ каналы направляющаго аппарата, но въ рабочемъ колесѣ не заполняетъ каналовъ его цѣликомъ, а движется по выгнутымъ поверхностямъ лопатокъ струями, какъ показано на фиг. 78 (вверху въ лѣвомъ углу чертежа). Достигается это тѣмъ, что каналы рабочаго колеса имѣютъ сѣченіе большее, чѣмъ сѣченіе каналовъ направляющаго аппарата.

Для выхода воздуха изъ рабочаго колеса турбины дѣлаются вентиляціонныя окна *l*.

Турбина работаетъ безъ всасывающей трубы и не терпитъ подтопа. Устанавливается всегда такъ, чтобы нижнія кромки рабочаго колеса была выше низовой воды.

Устройство турбины слѣдующее. Рабочее колесо *A* укрѣпляется на поломъ валу, имѣющемъ вертикальный подшипникъ, опирающемся пятою *k*, называемой фонарною, на стоякъ *g*. Направляющій аппаратъ *B* располагается надъ рабочимъ колесомъ на днѣ открытаго колодца. Для избѣжанія устройства сальника, вокругъ полаго вала устанавливается цилиндръ.

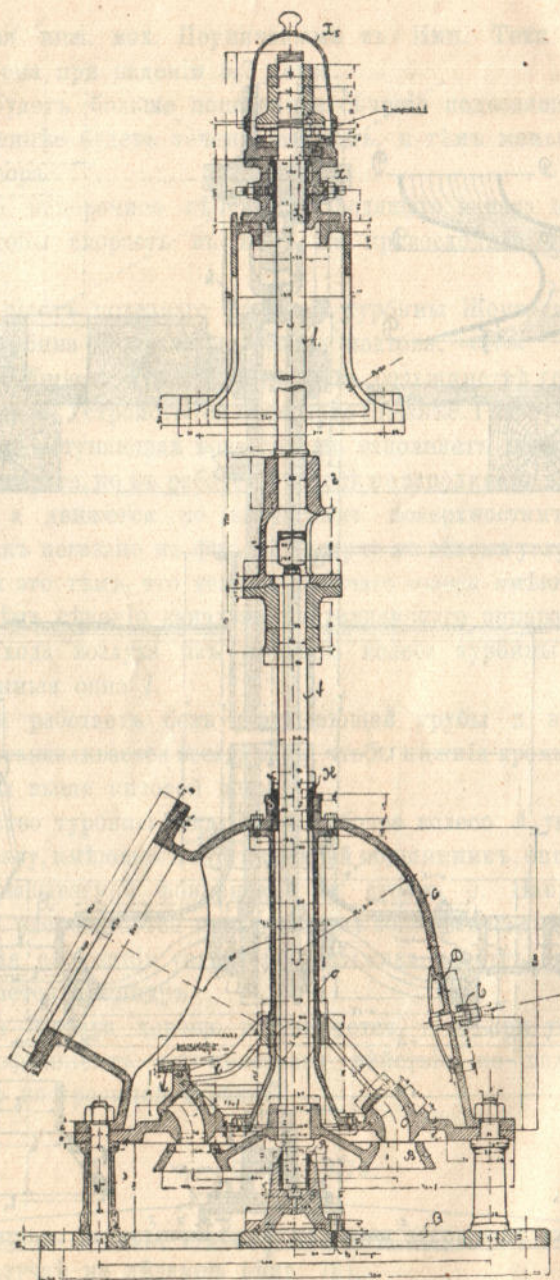
Турбина Жирара хорошо регулируется, т. е. при уменьшеніи работы коэффициентъ ея полезнаго дѣйствія не падаетъ. Для рационально построенной турбины

$$\eta = 0,70 - 0,75.$$

Если напоръ великъ, турбину дѣлаютъ закрытую; полаго вала въ этомъ случаѣ не дѣлаютъ (фиг. 79).





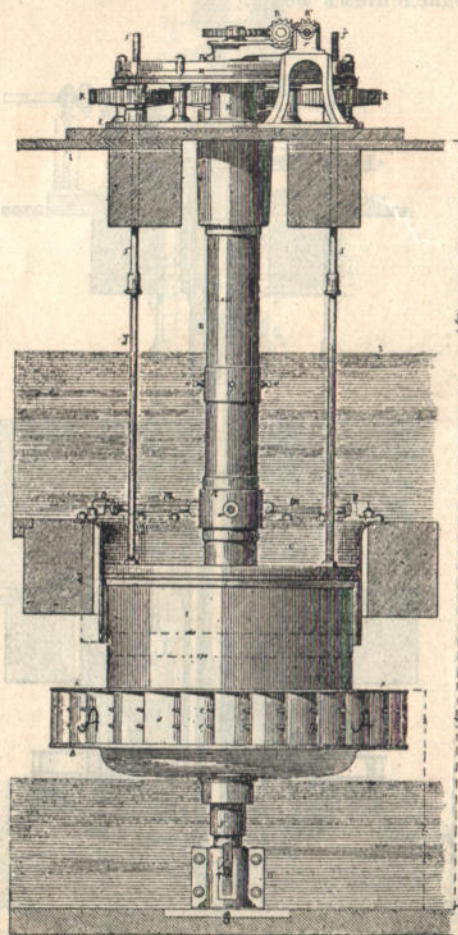


Фиг. 79.





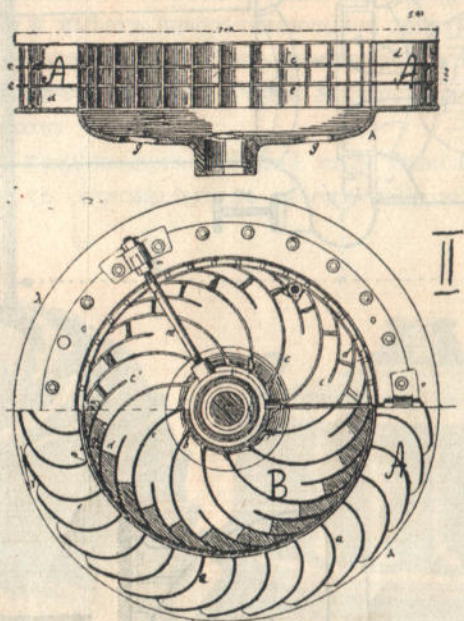
отдѣльно изображенное въ двухъ сѣченіяхъ вертикальномъ и горизонтальномъ на фиг. 81 I и II. Для удобства регулированія рабочее колесо раздѣлено на три яруса.



Фиг. 80в.

Направляющій аппаратъ *B* расположенъ внутри рабочаго и имѣетъ лопатки, загнутыя въ обратную сторону. Валъ заключенъ въ желѣзную или чугунную трубу для избѣжанія устройства сальника. Между рабочимъ колесомъ и направляющимъ аппаратомъ движется

аккуратно приточенный цилиндръ. Открывая имъ 1,2 или всё три яруса рабочаго колеса, заставляютъ турбину работать на три различныя степени нагрузки.



Фиг. 81.

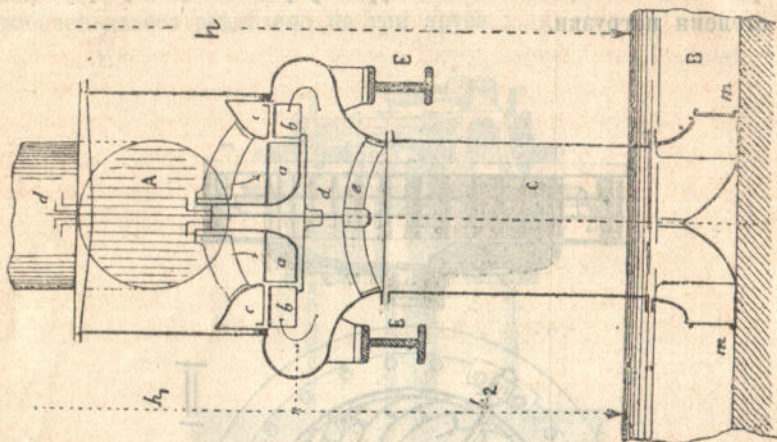
Чтобы рабочее колесо турбины отъ изнашиванія пята не опускалось, подъ пятаю устраивается подъемное приспособленіе—рычагъ *T*, на который и опирается пята.

Турбина Фурнейрона не боится подтопа и представляетъ весьма совершенный двигатель, степень полезнаго дѣйствія котораго можетъ достигать 0,78, кромѣ того она хорошо регулируется.

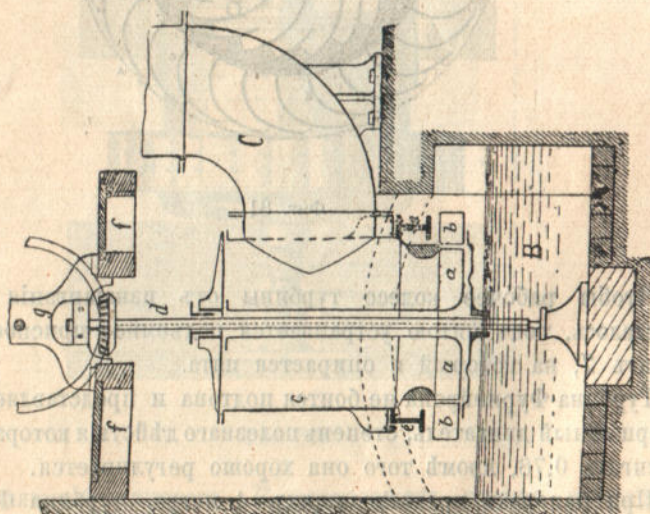
При напорахъ превосходящихъ 4 метра, турбина Фурнейрона устраивается закрытою (фиг. 82) безъ всасывающей трубы или (фиг. 83) съ всасывающею трубою *C*. Турбины Фурнейрона исполняются и на горизонтальномъ валу.



Фиг. 83.

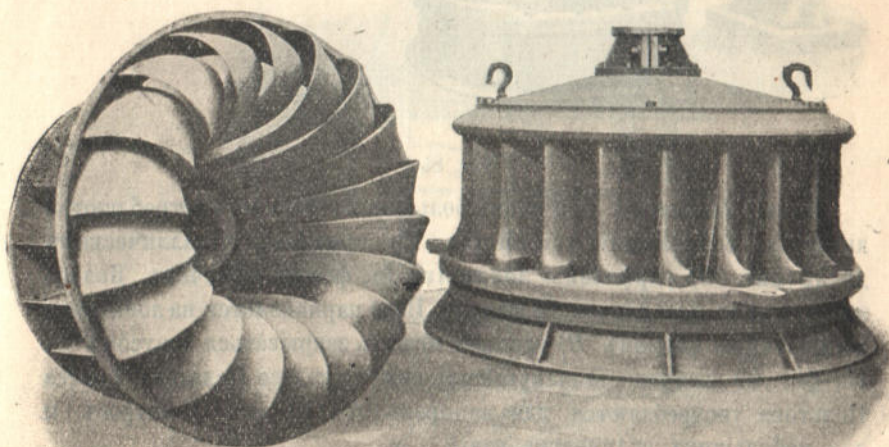


Фиг. 82.



**Турбина Фрэнсиса.** Турбина Фрэнсиса принадлежит къ числу радиальныхъ съ вѣшнимъ подведеніемъ воды и пользуется въ настоящее время наибольшимъ распространеніемъ, главнымъ образомъ потому, что хорошо регулируется. Рабочее колесо турбины Фрэнсиса имѣетъ лопатки двойной кривизны—вода въ нихъ входитъ по окружности, а выходитъ по оси. Направляющій аппаратъ расположенъ снаружи колеса и имѣетъ поворачивающіяся лопатки. Лопатки эти при помощи особаго механизма поворачиваются всѣ сразу въ одну сторону и на одинаковый уголъ. Форма лопатокъ соответствующимъ образомъ подобрана.

На фиг. 84 представленъ вѣшній видъ колеса турбины слѣва и вся турбина съ вертикальнымъ валомъ—справа, а на фиг. 85



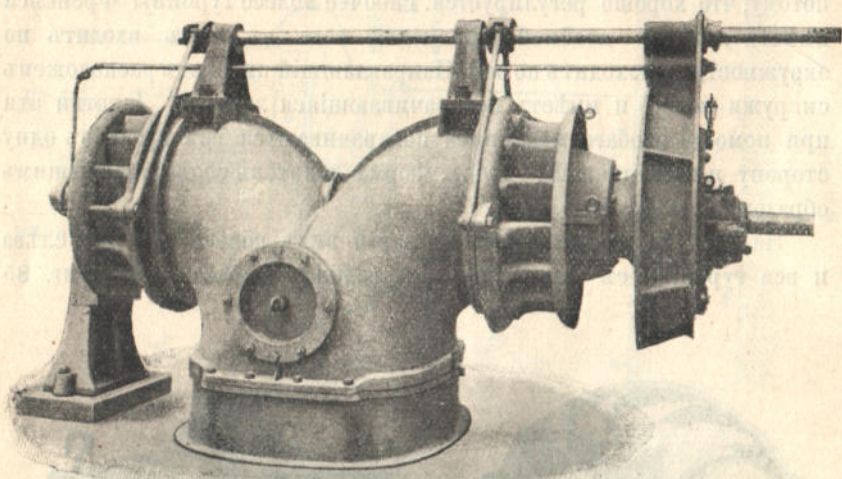
Фиг. 84.

турбина съ горизонтальнымъ рабочимъ каналомъ, съ двумя колесами для уничтоженія осевого давленія. Тонкій вышележащій валикъ служитъ для регулированія и поворачиваетъ лопатки направляющихъ аппаратовъ. На фиг. 86 данъ разрѣзъ турбины на вертикальномъ валу съ небольшою всасывающею трубою, а на фиг. 87 указана



установка турбины. Турбины Фрэнсиса имѣютъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія

$$\eta = 0,70 - 0,76.$$



Фиг. 85.

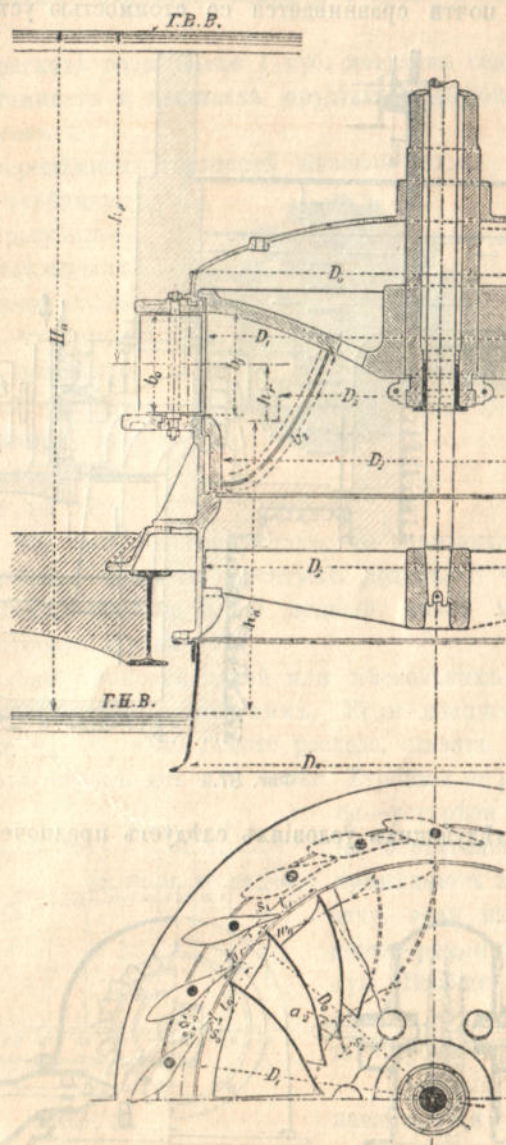
*Колесо Пельтона.* Для очень большихъ напоровъ употребляются двигатели слѣдующаго устройства. На прочномъ металлическомъ дискѣ (фиг. 88) укрѣплены лопаточки въ формѣ чашечекъ. Колесо заключено въ металлическій кожухъ. Вода направляется на лопаточки коническимъ сопломъ *B*, которое можетъ закрываться конусомъ *C*. На фиг. 89 изображено вынутое изъ кожуха колесо Пельтона. Колеса Пельтона употребляются для напоровъ отъ 18 до 500 метровъ и для небольшихъ количествъ воды.

Общая механическая степень полезнаго дѣйствія

$$\eta = 0,70 - 0,90$$

*О выборѣ двигателя* Въ заключеніе приведемъ нѣкоторые соображенія относительно примѣненія тѣхъ или иныхъ изъ вышеописанныхъ водяныхъ двигателей.

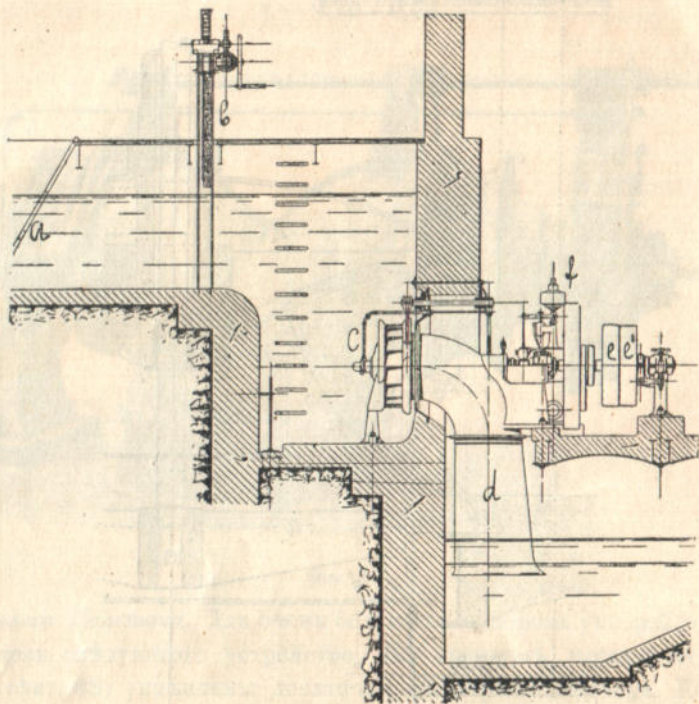
Колеса для небольшой мощности—до 30—40 лошадиныхъ силъ обходится дешевле турбины и могутъ быть выполнены на мѣстѣ. Поломки ихъ не страшны, т. к. могутъ быть легко исправляемы своими средствами. Установка колеса также проще установки турбины, но требуетъ больше мѣста. Если колесо должно работать и



Фиг. 86.

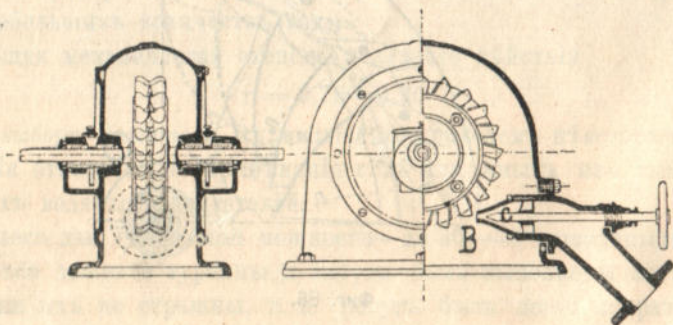


зимою, то его помѣщаютъ въ теплоѣ срубѣ и тогда стоимость его установки почти сравнивается со стоимостью установки тур-



Фиг. 87.

бины. При слѣдующихъ условіяхъ слѣдуетъ предпочесть турбину.



Фиг. 88.

1) При малыхъ напорахъ, менѣе 2 метровъ и большихъ, болѣе 7 метровъ.

2) При расходѣ воды болѣе 1 куб. метра въ секунду.

3) При станкахъ и машинахъ орудіяхъ требующихъ большого числа оборотовъ и

4) при переменномъ горизонтѣ низовой воды.

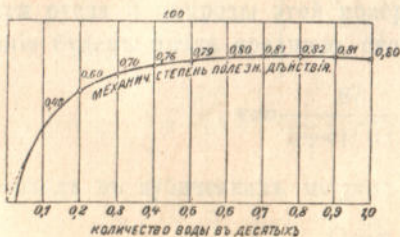
Лучшими турбинами являются регулируемые по отдѣльнымъ каналамъ реактивныя радіальныя турбины. Ихъ степень полезнаго дѣйствія для различныхъ наполненій изменяется такъ, какъ представлено на діаграммѣ (фиг. 90). Она построена такъ: на горизонтальной оси отложено количество воды въ десятихъ доляхъ, т. ч. 0,5 показываетъ половинный расходъ, а 1,0 полный, какой можетъ только можетъ пропустить турбина.



Фиг. 89.

Относительно установки одной или нѣсколькихъ турбинъ должно руководствоваться слѣдующимъ. Если количество воды не падаетъ ниже  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  наибольшаго расхода, ставить одну турбину. Въ противномъ случаѣ двѣ или болѣе. Турбины не регулирующіяся—устарѣли. Если турбина

на вертикальномъ валу, то примѣняютъ зубчатую передачу, если на горизонтальномъ—ременную или канатную. Вообще ременную передачу слѣдуетъ предпочитать зубчатой.



Фиг. 90.

струйной не можетъ быть подогнано къ требуемому станнами числу оборотовъ.



Относительно выбора установки турбины нужно сказать следующее.

Турбина съ горизонтальнымъ валомъ нѣсколько дороже, но установка ея удобнѣе, удобнѣе и устройство передачи, т. ч. въ концѣ концовъ она выходитъ и дешевле. Въ частныхъ случаяхъ разумѣется могутъ быть и исключенія. Во всякомъ случаѣ при выборѣ турбины должно принять въ расчетъ и передачу.

При маломъ напорѣ до 3—4 метровъ каналъ, подводящій воду открытъ, вертикальный валъ съ конической передачей.

При среднемъ напорѣ отъ 4 до 10 метровъ, каналъ еще можетъ быть открытымъ, турбина съ всасывающей трубою можетъ быть и на вертикальномъ и на горизонтальномъ валу.

При большомъ напорѣ отъ 10 до 50 метровъ подведеніе воды трубою, турбина на горизонтальномъ валу въ спиральномъ кожухѣ. При напорахъ болѣе 50 метровъ и небольшихъ расходахъ воды колеса Пельтона.



## Приложенія.

Нѣкоторые свѣдѣнія изъ гидравлики.

1. Движеніе воды въ ненаполненныхъ трубопроводахъ рѣкахъ и каналахъ.

Если бы тренія между жидкостью и стѣнками канала не существовало, то скорость теченія равнялась бы скорости паденія твердаго тѣла съ высоты равной паденію, т. е.

$$v = \sqrt{2 gh},$$

гдѣ  $g$  ускореніе силы тяжести, а  $h$ —паденіе. Если примемъ  $g=9,81$  метра, а  $h$  измѣряемъ въ метрахъ же, то скорость въ метрахъ въ секунду была бы

$$v = \sqrt{19,62 h}.$$

а въ футахъ ( $g=32,18$ )

$$v = \sqrt{64,36 h}.$$

Величина тренія зависитъ отъ площади тренія, т. е. поверхности русла и природы этой поверхности. Принимая въ расчетъ треніе будемъ имѣть среднюю скорость въ метрахъ (по Базену)

$$v = \frac{87}{1 + c\sqrt{u:F}} \sqrt{i \frac{F}{u}},$$

а расходъ въ кубическихъ метрахъ въ секунду

$$Q = v F,$$

Въ этихъ формулахъ  $F$ —поперечное сѣченіе воды въ кв. метрахъ,  $u$ —та часть периметра сѣченія канала, которая омывается водой, въ метрахъ,  $i$ —среднее паденіе горизонта воды, т. е. отношеніе  $h$  къ  $l$ —высоты паденія къ разстоянію. Величину же  $c$  слѣдуетъ брать изъ слѣдующей таблицы.



Таблица.

Русло изъ строганыхъ брусевъ или цемента .	$c=0,06$
» » нестроганныхъ » » лещадей .	$c=0,16$
» » бутовой кладки . . . . .	$c=0,47$
» » земли . . . . .	$c=0,85$
» » земли, галки и хряща . . . . .	$c=1,75$

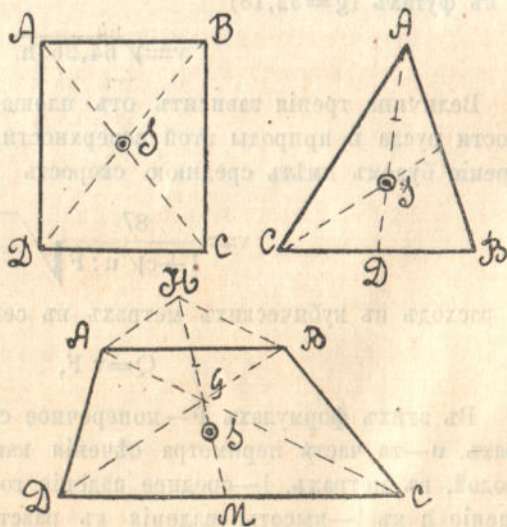
2. Давленіе воды на стѣнки сосуда, расчетъ прочныхъ размѣровъ плотины и подводящихъ каналовъ.

Вода заключенная въ сосудѣ, оказываетъ давленіе на сдерживающія ее стѣнки. Давленіе жидкости всегда перпендикулярно къ стѣнкѣ и направлено наружу. Величина этого давленія для вертикальной стѣнки выражается формулою:

$$P=F \cdot h \cdot 1000 \text{ килогр.},$$

гдѣ  $F$  площадь стѣнки въ квадратныхъ метрахъ, а  $h$  высота уровня воды надъ центромъ тяжести стѣнки. При устройствѣ каналовъ и плотинъ приходится имѣть дѣло лишь съ прямоугольными стѣнками и трапецевидными. Центръ тяжести прямоугольной площади находится въ пересѣченіи діагоналей, а центръ тяжести трапеціи отыскивается слѣдующимъ образомъ (фиг. 1).

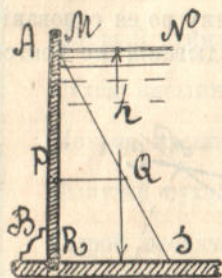
Пусть дана трапеція  $ABCD$ . Проводимъ ея діагонали  $DB$  и  $AC$ , затѣмъ изъ точекъ  $A$  и  $B$  линіи имъ параллельныя  $AN$  и  $BN$ . Соединяемъ  $N$  съ  $G$ . Центръ тяжести находится въ точкѣ  $S$  отстоящей отъ  $M$  на  $\frac{1}{3}$   $MN$  по этой линіи. Для треугольника центръ тяжести находится на  $\frac{1}{3}$  отъ основанія  $CB$  по линіи, соединяющей середину основанія  $D$  съ вершиною.



Фиг. 1.

Вообще же центр тяжести фигуры может быть легко определенъ опытомъ. Для этого слѣдуетъ вырѣзать изъ картона (визитной карточки) фигуру подобную стѣнкѣ и при помощи иглы, на острие которой класть фигуру, можно съ достаточною точностью определить ея центр тяжести.

Давленіе въ какой нибудь точкѣ тѣмъ больше, чѣмъ глубже взятая точка подъ поверхностью. Т. к. давленіе пропорціонально глубинѣ, то величина его измѣняется по закону треугольника (фиг. 2). Давленіе воды въ точкѣ  $P$  стѣнки  $AB$  будетъ пропорціонально длинѣ линіи  $PQ$ , давленіе же у дна— $RS$ .



Фиг. 2.

Чтобы определить положеніе точки  $S$  вычислимъ давленіе на единицу поверхности (1 кв. метръ) въ точкѣ  $R$ . Оно равно

$$p = h \cdot 1000 \text{ килогр.}$$

Отложивъ эту величину въ какомъ—нибудь масштабѣ отъ точки  $R$ , получимъ точку  $S$ , затѣмъ соединивъ  $S$  и  $M$  можемъ сразу находить давленіе на единицу поверхности въ любой точкѣ; для этого нужно только въ томъ же масштабѣ измѣрить длину, положимъ  $PQ$ .

Если при откладываніи  $RS$  мы приняли 1 сантим. за 100 килогр. положимъ, а длина  $PQ$  вышла 5 сантиметровъ то давленіе въ  $P$  на единицу поверхности есть

$$100 \cdot 5 = 500 \text{ килогр.}$$

Кромѣ величины давленія необходимо бываетъ знать еще точку приложенія равнодѣйствующей всѣхъ силъ давленія, приложенныхъ въ различныхъ точкахъ стѣнки. Точка приложенія равнодѣйствующей называется *центромъ давленія*.

Для прямоугольной стѣнки, со стороны параллельной уровню воды, центр давленія лежитъ на  $\frac{2}{3}h$  отъ уровня къ дну, если  $h$ , по прежнему вся глубина сосуда.

Для треугольника, у котораго разстояніе отъ вершины до основанія  $h$ , если основаніе лежитъ на поверхности, то центр давленія на глубинѣ  $\frac{1}{2}h$ .





жетъ не скатываясь лежать частица сдерживаемой земли (воды) съ горизонтомъ. Значенія для  $\zeta$  и  $\gamma$  даны въ нижеприведенной таблицѣ.

Таблица.

Х о д ь г р у н т а .		Уголъ естественнаго откоса $\zeta$ .
Сухой глинистый . . . . .	1,50	40°—46°
Мокрый глинистый . . . . .	1,90	20°—25°
Сухая насыпная земля . . . . .	1,50	37°—40°
Мокрая насыпная земля . . . . .	1,65	30°
Сыпучій сухой песокъ . . . . .	1,40—1,65	32°
Сырой песокъ . . . . .	1,90—2,05	24°
Сухой гравій . . . . .	1,80	36°
Мокрый гравій . . . . .	1,86—2,00	25°
Мокрый щебень . . . . .	1,60	35°—40°
Плывунъ песекъ . . . . .	2,05	0°
Вода . . . . .	1,00	0°

Пусть  $AB$  подпорная стѣнка (фиг. 3),  $BC$  уровень насыпи за стѣнкою. Проводимъ  $AN$  подъ  $\angle \zeta$  къ горизонту. Затѣмъ строимъ окружность на  $AN$ , какъ на диаметръ, проведемъ изъ  $B$  подъ  $\angle \zeta$   $BL$ , а изъ точки  $L$  перпендикуляръ къ  $AN$ . Отложимъ  $AN = AK$  на  $AN$ . Изъ  $H$  проведемъ  $HI$  параллельно  $BL$ . Обозначивъ  $IH$  черезъ  $y$  будемъ имѣть.

$$E = \frac{1}{2} \gamma y^2$$

Что касается точки приложенія силы  $E$ , то она совпадаетъ съ центромъ давленія. Такъ для прямоугольной площадки будетъ на разстояніи  $\frac{1}{3} h$  отъ дна.



Если разсматривать стѣнку, какъ твердое тѣло, то давленіе  $E$  стремится ее опрокинуть около точки  $O$  и опрокидывающій моментъ равенъ

$$\frac{1}{3} E.h$$

этому опрокидыванію будетъ препятствовать вѣсъ плотины и дать возстановливающій моментъ.

### G. OM

Если перенести силы  $E$  и  $G$  въ точку пересѣченія ихъ направленій, то построивъ на  $E$  и  $G$  отложенныхъ изъ  $P$  по ихъ направленіямъ параллелограммъ, увидимъ, что его діагональ  $PQ$  пройдетъ внутри или внѣ основанія  $OA$ . Въ первомъ случаѣ плотина будетъ устойчива, во второмъ опрокинется.

Все вышесказанное конечно не совсѣмъ справедливо, т. е. плотину въ большинствѣ нельзя разсматривать какъ твердое тѣло.

### 3. Опредѣленіе абсолютной работы источника.

Для опредѣленія абсолютной работы текущей воды нужно вычислить живую силу массы жидкости, протекающей въ одну секунду. Живою силою называется половина произведенія массы на квадратъ скорости, т. е.

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{Q \cdot \gamma}{g} v^2 = \frac{500}{g} Q \cdot v^2,$$

гдѣ  $Q$ —объемъ протекающей въ одну секунду жидкости въ кубическихъ метрахъ,  $\gamma=1000$ —вѣсъ одного кубическаго метра воды въ килограммахъ,  $g=9,81$  ускореніе тяжести и  $v$ —средняя скорость въ метрахъ въ секунду.

Вышеприведенная формула лишь приблизительная (квадратъ суммы не равенъ суммѣ квадратовъ, точная формула будетъ

$$T = \frac{\gamma}{2g} \Sigma q v^2,$$

гдѣ  $\Sigma$ —знакъ суммы, а  $q$  объемъ части жидкости, имѣющей скорость  $v$ ).

Такъ какъ скорость естественнаго теченія въ рѣкахъ невелика, то и живая сила воды въ нихъ незначительна, въ огромномъ

большинствѣ случаевъ выгоднѣе устроить плотину. Работа падающей воды съ высоты  $H$  метровъ въ килограммметрахъ равняется

$$T = Q \gamma \cdot H,$$

а въ лошадиныхъ силахъ:

$$P.S. = \frac{Q \gamma H}{75} = 13,333 \text{ } QH.$$

Возможная высота паденія опредѣляется на основаніи общихъ соображеній о возможности поднятія воды. Соображенія эти были уже приведены выше. Количество же воды  $Q$  обыкновенно измѣряется нѣсколько разъ въ различные мѣсяцы. Во всякомъ случаѣ  $Q$  должно быть опредѣлено въ то время, когда нѣтъ основанія ожидать прибылой воды. Наименьшій расходъ воды бываетъ передъ началомъ таянія; въ средней полосѣ Россіи это въ началѣ февраля.

#### 4 Разчетъ колесъ.

##### Наливное колесо.

$Q$ —количество воды, притекающей въ сек. въ куб. метрахъ.

$H$ —имѣющееся паденіе въ метрахъ.

$c_1$ —скорость теченія въ подводящемъ руслѣ въ метрахъ въ секунду.

$H'$ —полезное паденіе.

$N$ —абсолютная работа воды въ лош. силахъ.

$N_e = \eta N$ —полезная работа колеса въ лош. силахъ.

$\eta = \frac{N_e}{N}$ —коэффициентъ полезнаго дѣйствія.

$n$ —число оборотовъ колеса въ минуту.

$D = 2R$ —наружный діаметръ колеса.

$b$ —ширина колеса въ свѣту въ метрахъ.

$a$ —глубина ковшей (ширина обода) въ свѣту въ метрахъ.

$Z$ —число лопатокъ.

$v = \frac{2\pi R n}{60}$ —окружная скорость колеса въ метрахъ въ секунду.

$x'$  и  $x''$ —верхній и нижній зазоръ между ободомъ колеса и низовой водой



$q = \frac{60 \cdot Q}{Z \cdot n}$  — количество воды въ ковшѣ въ куб. метрахъ.

$E = \frac{Q}{a \cdot b \cdot v}$  — коэффициентъ наполненія.

$h_c$  — потеря напора при вступленіи воды въ колесо въ метрахъ.

$h_a$  — потеря напора при выходѣ воды изъ колеса въ метрахъ.

$g = 9,81$  — ускореніе силы тяжести.

Съ увеличеніемъ окружной скорости колеса коэффициентъ полезнаго дѣйствія падаетъ, т. к. вода выплескивается изъ ковшей центробѣжною силою. Обычно принимаютъ  $v$  между 1,5—2,0 метрами въ секунду. Встрѣчаются однако колеса, идущія съ окружною скоростью 3,5—4,0 метра, но коэффициентъ полезнаго ихъ дѣйствія не превосходитъ 60—65%.

Все ниже приведенное есть выдержки изъ К. Bach] «Die Wasserräder».

Вода для обезпеченія наливапія должна подводиться къ колесу съ нѣкоторой горизонтальною скоростью  $C_h$ . Она опредѣляется по приближенной формулѣ

$$C_h = 2,5 \sqrt{v}$$

Для того чтобы сообщить водѣ такую скорость необходимъ напоръ

$$h_a = 1,15 \frac{C_h^2}{2g}$$

Діаметръ верхнебойнаго колеса такимъ образомъ при имѣющей разности уровней будетъ

$$D = 2R = H - [h_0 + \frac{1}{2}s_0 + \delta + x' + x''],$$

гдѣ  $s_0$  — толщина струи, а  $\delta$  — толщина дна желоба.

Зазоръ  $x'$  для желѣзныхъ колесъ можетъ быть сдѣланъ 5 м/м, если для выхода воздуха изъ ковшей сдѣланы отверстія, для деревянныхъ же колесъ не менѣе 15 м/м. Нижній зазоръ  $x''$  зависитъ отъ подтопа. Наименьшая его величина — толщина образующагося льда. Обычно  $x''$  принимаютъ отъ 30 до 100 м/м.

Всѣ остальные элементы опредѣляются по слѣдующимъ формуламъ.

Глубина колеса

$$a = k \sqrt[3]{H}$$

гдѣ  $k$  отъ  $\frac{1}{6}$  до  $\frac{1}{4}$ .

$$\text{Ширина колеса} \quad b = \frac{Q}{av\varepsilon},$$

гдѣ  $\varepsilon = \frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{2}$ . При ширинѣ болѣе 1,7 метра ставить средній вѣнецъ.

*Ширина струи.* Колеса безъ средняго вѣнца

$$b_0 = b - 0,4 \text{ до } b - 0,2$$

Колеса со среднимъ вѣнцомъ

$$\frac{b_0}{2} = \frac{b}{2} - 0,4 \text{ до } \frac{b}{2} - 0,2$$

$$\text{Толщина струи} \quad s_0 = \frac{Q}{b_0 C_h}$$

Положеніе центра колеса  $M$ , т. е. горизонтальное разстояніе его отъ перпендикуляра, опущеннаго отъ края желоба  $IN$

$$y = C_h \sqrt{\frac{2}{g}} \sqrt{\sqrt{2Rm - m^2 + (R - m + p)^2} - R + m - p}$$

$$\text{гдѣ} \quad m = \frac{s_0}{2} + \delta + x^1, \text{ а } p = 2 \frac{C_h^2}{2g}$$

*Форма лопатокъ.* Желѣзныя лопатки фиг. 4 имѣютъ очертаніе двухъ круговыхъ дугъ  $QQ_1$  и  $Q_1Q_2$  и прямой  $Q_2Q_3$  равной ширинѣ угольника, при помощи котораго скрѣпляется лопатка съ опалубкой. Построеніе лопатокъ довольно сложно.

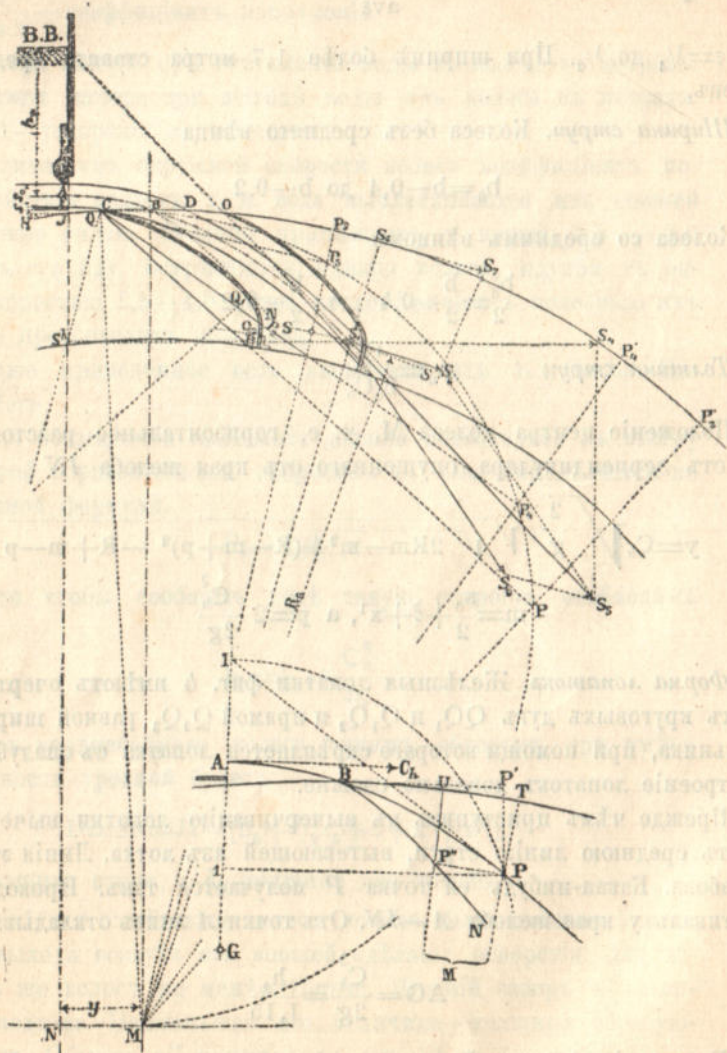
Прежде чѣмъ приступить къ вычерчиванію лопатки вычерчиваютъ среднюю линію струи, вытекающей изъ лотка. Линія эта — парабола. Какая-нибудь ея точка  $P$  получается такъ. Проводимъ вертикаль у края желоба  $A—IN$ . Отъ точки  $A$  внизъ откладываемъ

$$AG = \frac{C_h^2}{2g} = \frac{h_0}{1,15}$$

Разстояніе  $AG$  раздѣлимъ на нѣсколько равныхъ частей, получимъ точки 1, 2, 3 . . . черезъ точки дѣленія проводимъ горизонтальныя линіи 1, 1', 2, 2' и т. д. Вверхъ отъ  $A$  по линіи  $RS$  откладываемъ разстоянія  $AI=A_1$ ,  $AI=A_2$  и т. д. Провода дуги круговъ изъ  $G$ , какъ изъ центра радіусами  $GI, GII$  и т. д. до пе-



рѣсѣченія съ соответствующими горизонталями, получимъ точки параболы  $P, P_1, \dots$ . Соединивъ непрерывною линією полученныя



Фиг. 4.

точки найдемъ искомую среднюю линію струи. По найденной нами линіи  $ABP$  будетъ совершать свой путь частица жидкости,  $ABP$  будетъ такъ называемымъ абсолютнымъ путемъ частицы воды, но

для насъ въ данномъ случаѣ интересенъ не абсолютный путь, а путь который дѣлаетъ частица относительно движущагося колеса,

Относительный путь частицы воды будетъ  $ABP''N$ . Точка  $P''$ , соответствующая точкѣ  $P$ , опредѣляется такъ: проводимъ радіусъ  $MPT$ , откладываемъ въ обратную сторону вращенія колеса дугу

$$T_{\pi} = \frac{BP' \cdot v}{V_h}$$

и проводимъ радіусъ черезъ  $U$ . Точка пересѣченія радіуса  $UM$  съ линіей перпендикулярной къ радіусу въ точкѣ  $P$  и дастъ искомую точку  $P''$ . Такимъ образомъ можно найти весь путь частицы въ относительномъ движеніи.

Какъ только найденъ относительный путь, построеніе лопатки не представляетъ трудности. Кривую лопатки подыскиваютъ такъ, чтобы она касалась относительнаго пути и пересѣкала окружность колеса въ точкѣ  $Q$ , отстоящей отъ  $B$  на величину дуги

$$QB = 0,5QO = 0,5t$$

гдѣ  $t$ —разстояніе между лопатками.

*Разстояніе между лопатками*

$$t = \frac{1}{3}CD \text{ до } \frac{3}{2}CD,$$

гдѣ  $CD$ —дуга на которой происходитъ выпускъ воды.

*Высъ водяныхъ колесъ*

$$g = 460 \frac{N}{V} \text{ до } 500 \frac{N}{V}$$

Если же на вѣнцѣ колеса имѣется чугунное зубчатое колесо изъ косяковъ, то вѣсъ такого колеса вмѣстѣ съ зубчатымъ

$$g = 600 \frac{N}{V} \text{ до } 650 \frac{N}{V}$$

**Среднебойныя колеса съ направляющимъ аппаратомъ**

(фиг. 65).

Обычно принимаютъ

$$D = H + 3,5 \text{ метра.}$$



Окружную скорость принимаютъ

$v=1,6$  до  $2,2$  метра въ секунду.

Глубина колеса

$$a=0,4 \sqrt[3]{\frac{D}{H}} \text{ до } 0,5 \sqrt[3]{\frac{D}{H}}.$$

Ширина колеса

$$b=\frac{Q}{a \cdot v \cdot \varepsilon}, \text{ гдѣ } \varepsilon=1/3 \text{ до } 2/3.$$

Разстояніе между лопатками

$$t=0,5a \text{ до } 0,7a.$$

Глубина погруженія нижней части колеса

$$a_1=\frac{Q}{b \cdot v}$$

Зазоръ между колесомъ и каменной стѣнкой долженъ быть возможно малъ; для желѣзнаго колеса и каменнаго ложа онъ равенъ 5 миллим. и менѣе. Подшипники устраиваются такъ, что ихъ вкладыши по мѣрѣ стиранія можно перемѣщать такъ, чтобы положеніе оси колеса оставалось неизмѣннымъ.

Форма лопатокъ изъ жельза (см. фиг. 64).

$$r_a=\sqrt{R^2-(R-a_1)^2}; \sin \beta=\frac{R-a_1}{R}$$

Часть лопатки  $NA$  представляетъ развертку круга радіуса

$$CA=R-a_1$$

или дугу круга, близкую къ ней.

Отъ точки же  $A$  лопатка изгибается возможно круто, чтобы вода не попадала внутрь колеса.

Впускъ воды. Обычно уголъ

$$\alpha=26^0-27^0$$

а погруженіе

$$x_1=1,12 \frac{v^2}{2g} \frac{(R-a_1)^2}{R^2} \frac{1}{\sin^2 (\beta-\alpha)}$$

Выгодно дѣлать каналы, подводящіе воду, кривыми. Последнее встрѣчается только въ самыхъ большихъ установкахъ.

Вѣсъ колеса

$$G=420 \frac{N}{v} \text{ до } 460 \frac{N}{v}$$

*Степень полезнаго дѣйствія.* Наивыгоднѣйшій напоръ для такихъ колесъ отъ 2,5 до 4 метровъ. Рационально сконструированныя и тщательно выполненныя колеса даютъ

$$\eta=0,85.$$

**Среднебойныя колеса съ водосливомъ (фиг. 66).**

Для такихъ колесъ принимаютъ

$$D=3H \text{ до } 4H.$$

а

$$v=1,4 \text{ до } 1,7 \text{ метр. въ сек.}$$

Остальные элементы опредѣляются тѣми же формулами, какъ и въ предыдущихъ колесахъ. Такъ.

*Глубина колеса*

$$\alpha=0,4 \sqrt[3]{\frac{H}{D}} \text{ до } 0,5 \sqrt[3]{\frac{H}{D}}$$

*Ширина колеса*

$$b=\frac{Q}{a.v.\varepsilon}, \text{ гдѣ } \varepsilon=1/3 \text{ до } 2/3$$

*Разстояніе между лопатками*

$$t=0,5a \text{ до } 0,7a$$

*Глубина погруженія нижней части*

$$a_1=\frac{Q}{b.v.}$$

*Впускъ воды.* Погруженіе щита, который опускается откры-  
вается,  $h$  опредѣляется изъ формулы

$$Q=\mu b_0 h \sqrt{2gh},$$



гдѣ  $\mu=0,50$ —для желѣзныхъ, а  $\mu=0,45$ —для деревянныхъ лопатокъ.

Для очень малыхъ напоровъ устраиваются колеса системы Цуппингера (фиг. 67).

Для нихъ

$$v=1,2 \text{ метр. въ сек.}$$

Форма лопатокъ такова, что уголъ наклона элемента лопатки, выходящей изъ низовой воды съ горизонтомъ  $=70^\circ$  до  $75^\circ$ . При этомъ  $a=0,3$  метра. Наименьшая допустимая величина этого угла  $45^\circ$ — $50^\circ$ .

Глубина колеса

$$a=1/3 R \text{ до } 2/3 R$$

а разстояніе между лопатками по внѣшней окружности

$$t=0,5 \text{ метра.}$$

Степень полезнаго дѣйствія

$$\text{отъ } \eta=0,65 \text{ до } 0,75.$$

При устройствѣ деревянныхъ лопатокъ, колесо проектируютъ такъ (фиг. 66). Зазоръ между колесомъ и ложемъ—отъ 12 до 25 миллиметровъ.

Диаметръ колеса не менѣе 3,9 метровъ и такой, чтобы центръ колеса былъ не менѣе какъ на 0,45 метра выше уровня воды въ прудѣ.

Толщина слоя вливающейся воды отъ 0,15 до 0,3 метра.

Разстояніе между лопатками въ свѣту по наружной окружности

$$\text{отъ } 0,3 \text{ до } 0,5 \text{ метра.}$$

Между дномъ ящика и лопаткою должна быть оставлена щель шириною въ 0,035 до 0,050 метра для выхода воздуха.

Вмѣстимость ящика должна быть такова, чтобы вода наполняла не менѣе  $1/2$  и не болѣе  $2/3$  его полного объема.

Форма лопатки состоитъ изъ двухъ прямыхъ частей  $AB$  и  $BC$ , наклоненныхъ другъ къ другу подъ угломъ  $135^\circ$ . Точка  $B$  лежитъ на средней окружности между внутренней и внѣшней кромками вѣнца. Часть же  $AB$  совпадаетъ съ радіусомъ.

Степень полезнаго дѣйствія деревянныхъ среднебойныхъ колесъ

$$\eta=0,60—0,65.$$

### Подливныя колеса.

Подливныя колеса съ прямыми лопатками (фиг. 68 и 70).

Скорость на окружности 0,4 скорости воды.

Диаметръ колесъ отъ 2 до 8 метровъ.

Ширина колеса равняется ширинѣ русла безъ 25 миллиметровъ.

Ширина русла

$$b_0 = \frac{Q}{0,45 \cdot \sqrt{2gH}}.$$

Глубина лопатокъ

$a = 2$  до 3 толщинъ струи.

Разстояніе между лопатками

$$t = a$$

Впускъ воды. Щитъ (закрывающій воду) долженъ быть подъ угломъ 45°.

Наклонное дно русла (фиг. 68). не хорошо; лучше дѣлать его кривымъ (фиг. 70), охватывающимъ колесо по дугѣ трехъ лопатокъ.

Порогъ въ руслѣ, для свободнаго выхода воды располагается на разстояніи 0,2 метра за вертикальною плоскостью, проходящею черезъ ось колеса. Порогъ въ руслѣ дѣлаютъ 0,2 до 0,25 метра высокою.

Несмотря на невысокій коэффициентъ полезнаго дѣйствія около 30%,

$$\eta = 0,3,$$

колеса такого рода часто употребляются по причинѣ простоты устройства.

Наивыгоднѣйшее ихъ дѣйствіе при высотѣ напора, отъ 1 до 1 1/2 метровъ.

### Колеса Понселе.

Колеса Понселе имѣютъ кривыя лопатки, обычно выполняемыя изъ желѣза (фиг. 69).

Наивыгоднѣйшая окружная скорость равна 0,55 скорости воды.

Диаметръ колеса опредѣляется по окружной скорости и числу оборотовъ. Диаметръ колесъ Понселе выбирается въ предѣлахъ 3 1/2 и 8 метровъ.



*Ширина русла*

$$b_0 = \frac{Q}{k} \cdot \frac{1}{\sqrt{2gH}},$$

гдѣ  $k$  зависитъ отъ высоты подъема щита

при подъемѣ щита 0,15 метра  $k=0,37$ .

» » » 0,20 »  $k=0,60$ .

» » » 0,30 »  $k=0,75$ .

*Ширина колеса въ чистотѣ*

$$b = b_0 + 0,05 \text{ метра.}$$

На пространствѣ между нижнею точкою колеса и выходнымъ отверстиемъ наружные вѣнцы должны быть охвачены закраинами русла, съ возможно малымъ зазоромъ (обычно 5—10 миллиметровъ). Закраины должны быть продолжены на 0,125 метра выше наибольшаго подъема щита.

*Глубина лопатокъ*

$$a = \frac{1}{3} H.$$

*Разстояніе между лопатками*

$$t = 0,20—0,25 \text{ метра}$$

*Форма лопатокъ.* Вычерчиваніе лопатокъ производится такъ. Черезъ нижнее ребро щита  $a$ , поднятаго на полную высоту или на высоту при нормальной работѣ, проводятъ линію параллельную дну русла и въ точкѣ  $A$  пересѣченія этой линіи съ вѣншею кромкою вѣнца, проводятъ нормаль къ ней до встрѣчи съ внутреннею окружностью. Далѣе изъ точки  $c$ , какъ центра, проводятъ  $CA$ —это и будетъ кривая лопатки.

При этомъ конечный элементъ лопатки долженъ составлять съ вѣншею окружностью уголъ въ 24—30 градусовъ. Если этого не получается, то на нормали выбираютъ другой центръ  $D$ , удовлетворяющій требованію.

*Впускъ воды.* Щитъ устанавливается подъ угломъ въ  $45^\circ$ . Дно русла отъ нижней кромки выпускнаго отверстия до точки  $F$  идетъ параллельно касательной обычно съ уклономъ  $\frac{1}{10}—\frac{1}{15}$ . За точкою  $F$  русло дѣлается дугообразнымъ, охватывающимъ 1,15 $t$ , т. е. разстоянія между лопатками. Въ точкѣ  $m$  русло заканчивается порогомъ высотой 0,2—0,25 метра. Величина зазора должна быть возможно малой, 10—20 миллиметровъ.

*Степень полезнаго дѣйствія*

$$\eta = 0,60 - 0,65$$

Наилучшими условіями для колеса Понселе надо считать паденіе отъ 0,5 до 2 метровъ.

*Вѣсъ колеса*

$$G = 500 \frac{N}{v} \text{ до } 500 \frac{N}{v} \text{ килограммовъ.}$$

## 5 Сравнительная таблица русскихъ и заграничныхъ мѣръ.

**Длины:**

- 1 сажень=2,13 метра=84 дюйма=7 футовъ.
- 1 аршинъ=0,71 метра=28 дюймовъ=2 фут. 4 дюйма.
- 1 вершокъ=44,45 миллиметра=1,75 дюйма=0,146 фута.
- 1 метръ=1 арш.  $6\frac{1}{2}$  вершк.=37,37 дюйма=3,28 фута.
- 1 футъ=0,428 арш.=6,84 вершка=0,30 метра.

**Площади:**

- 1 кв. саж.=4,55 кв. метра=9 кв. арш.=49 кв. фунтовъ.
- 1 кв. метръ=10,76 кв. фут.=1521,06 кв. дюйм.
- 1 кв. футъ=144 кв. дюйм.=0,09 кв. метра.

**Объема:**

- 1 куб. саж.=343 куб. фута=27 куб. арш.=9,71 куб. метра=789 ведеръ.
- 1 куб. метръ=1000 литровъ=81,3 ведеръ=35,29 куб. фут.
- 1 куб. футъ=1728 куб. дм.=28,3 литра=2,3 ведра=0,028 куб. метра.
- 1 ведро=12,30 литра=0,435 куб. фута.



**Вѣса:**

- 1 пудъ=16,38 килограмма.
- 1 фунтъ=0,409 килогр.
- 1 тонна=1000 килогр.=61 пудъ.
- 1 килограммъ=2,44 фунта.

**Вѣсъ воды:**

- 1 ведро—30 фунтовъ=12,3 килограмма.
- 1 литръ—2,44 фунта=1 килограмму.
- 1 куб. футъ—1,7 пуда=28,3 килограмма.
- 1 куб. дм.=0,039 фунта.
- 1 куб. метръ—1000 килогр.=61 пудъ.

## Пособіями при составленіи служили.

Нееловъ „Плотины“.

Фишеръ „Плотины“.

Кржижановскій „Плотины“.

Zeuner „Die Turbinen“.

Пермяковъ „Водяныя турбины“.

Voith „Turbinen und Regulatoren“.

Справочники Hütte, Fraitch и Фелькнера.

Каталоги и проспекты фирмъ.



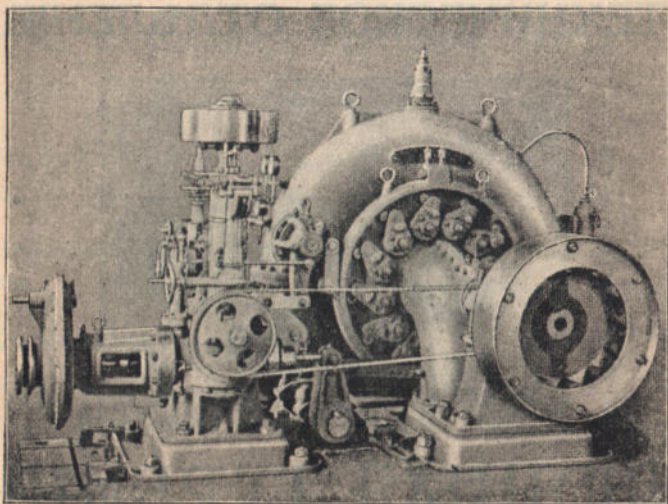
# ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стр.
Введеніе . . . . .	3
Плотины . . . . .	4
Устройство плотинъ . . . . .	12
Водосливныя плотины . . . . .	23
Разборчатая тульская плотина . . . . .	25
Створчатая плотина . . . . .	27
Водяные двигатели . . . . .	40
Верхненаливныя колеса . . . . .	42
Средненаливныя и среднебойныя колеса . . . . .	47
Подливныя колеса . . . . .	49
Турбина Жонваля . . . . .	53
Турбина Жирара . . . . .	58
Турбина Фурнейрона . . . . .	61
Турбина Фрэнсиса . . . . .	65
Колесо Пельтона . . . . .	66
О выборѣ двигателя . . . . .	66
Приложенія.	
Движеніе воды въ ненаполненныхъ трубопроводахъ, рѣкахъ и каналахъ . . . . .	71
Давленіе воды на стѣнки, расчетъ прочныхъ размѣровъ плотинъ . . . . .	72
Опредѣленіе абсолютной работы источника . . . . .	76
Расчетъ колесъ . . . . .	77
Сравнительная таблица мѣръ . . . . .	87

ТОРГОВЫЙ ДОМЪ  
**Инж. Бр. БРИЛИНГЪ и Б. АРМАНДЪ.**

Москва, Варварка, д. Армандъ.

Генеральные Представители  
**Соединен. заводовъ РЮШЪ-ГАНАЛЬ**  
въ Дорнбирнъ.



Двойная турбина „Франсисъ“ въ спиральномъ кожухѣ  
мощн. 970 л. силъ.

**ВОДЯНЫЯ ТУРБИНЫ** всѣхъ системъ, любой мощности.

**Патентованные регуляторы.**

**ТРУБОПРОВОДЫ** для турбинныхъ установокъ.

**Трансмиссиі.**

*Смѣты по первому требованію.*



ТОРГОВЫЙ ДОМЪ

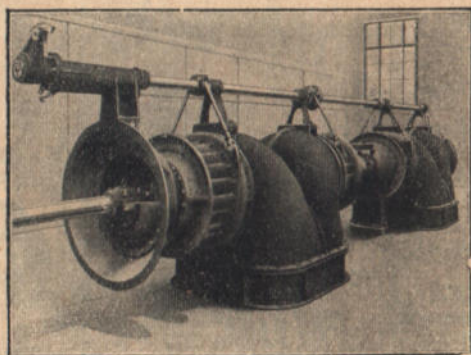
**Ф. ВЕБЕРЪ и К<sup>о</sup>,**

МОСКВА, Варварка, 11.

Телефонъ 2-40-46. ☎ Телеграфн. адресъ: „ВЕБЕРКО“.

Фирма существуетъ съ 1866 года.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОТДѢЛЕНИЕ.**



## ВОДЯНЫЯ ТУРБИНЫ

Сист. Френсиса, первокласснаго заграничнаго завода, отличающіяся высокою производительностью при любомъ уровнѣ воды. Эти турбины имѣютъ спокойный ходъ и легко регулируются въ отношеніи числа оборотовъ при измѣненіи нагрузки.

Смѣты и проспекты высылаются по первому требованію,  
измѣреніе воды по обоюдному соглашенію.

Торговый Домъ  
**М. Г. ФИЛИМОНОВЪ и К<sup>о</sup>.**

ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНТОРА.

Москва, Мясницкая, 49.—Телеф. 293-31.

---

Водоснабженіе. Производство изысканій.  
Проекты. Смѣты. Надзоръ. Выполненіе работъ.

Канализація и поля орошенія. Дренажъ.

Отопленіе и вентиляція.

Паровыя прачечныя, механическія и ручныя. Дезинфекціонныя камеры. Паровыя кухни.

Электрическое освѣщеніе. Передача силы.

Проекты, смѣты, техническій и архитектурный надзоръ по постройкамъ, сооруженіямъ и оборудованіямъ.

Консультація, изслѣдованія и изысканія.

Постройка и оборудованіе больницъ, постройка школъ и проч. гражд. сооруженийъ.

Проекты и смѣты на эти постройки.



# КНИГОИЗДАТЕЛЬСТВО „АГРОНОМЪ“

Москва, М. Дмитровка, 3. ☎ Телефонъ № 1.07

- Александровъ, К. Рыбачья памятка Ц. 50 к.
- Богдановъ, Е. А., проф. Кормленіе молочныхъ коровъ, ихъ содержание въ связи съ организац. стада и всего молочн. дѣла. Ц.
- Богдановъ, Е. А., проф. Составленіе кормовыхъ дачъ для скота. (Отд. оттискъ изъ предыдущ. книги). Изд. 2-е Ц. 50 к.
- Богдановъ, Е. А. проф. Откормъ с.-х. животныхъ. Ц. 4 р.
- Вачинъ, А. И. Таблица химич. состава кормовъ по Кельнеру (план).
- Бубекинъ В. М. Колодцы и насосы въ с.-х. и мелкой промышленности.
- Вульфъ, К. Пер. В. И. Лемуса. Контрольные товарищества. Ц. 7
- Гаховичъ, С. Н. Важнѣйшіе способы облагораживанія плод. деревьевъ.
- Гуринъ, Г. И. Туберкулезъ у животныхъ. 2-ое изд. Ц. 30 к.
- Дудинскій, А. Н. Миръ земледѣльца. Очерки по с.-х. метеоролог. I—IV Ц. за выпускъ отъ 30—50 к.
- Засухинъ И. И. Хмелеводство. Ц. 35 к.
- Зубрилинъ, А. А. Первые шаги къ крестьянскому богатству—восстаніе и искусственныя удобрения. Ц. 10 к.
- Зубрилинъ, А. А. Улучшающіе покосы Ц. 10 к.
- Зубрилинъ, А. А. Улучшеніе посѣвныхъ сѣмянъ и рядовой посѣвы.
- Зубрилинъ, А. А. По родной землѣ. Очерки и размышленія. (изд.)
- Калугинъ, И. И. проф., Роль подбора въ совершенств. породъ. I
- Ленисъ, Ф. проф., (Перев. съ нѣмек. подъ ред. С. А. Северина). въ бактериологію для сельскихъ хозяевъ. Ц. 75 к.
- Лемусъ, В. И. Обществ. мѣропріятія по скотоводству. Ц. 50
- Лоске, Э. Г. С.-хоз. метеорологія (печатается 2-ое изданіе).
- Маковский, В. А. Постройка ледника (практическіе совѣты). Ц.
- Маноцковъ, Н. И. О заразныхъ болѣзняхъ на скотѣ. Бесѣды наго врача. Ц. 35 к.
- Масловъ, С. Сбытъ хлѣба и кооперація. Ц. 8 к.
- Модестовъ, А. П. Основные вопросы южно-русскаго земледѣлія (изд.)
- Модестовъ, А. П. Долой безкормицу. Ц. 20 к.
- Модестовъ, А. П. Какъ очистить поля отъ сорныхъ травъ. Ц. 8
- Модестовъ, А. П. Кормовыя растенія. Плакатъ въ краскахъ. Ц.
- Модестовъ, А. П. Подготовка посѣвного зерна. Ц. 10 к.
- Модестовъ, А. П. Могарь. Ц. 6 к.
- Петеръ и Хельдъ. Практическое руководство къ приготовленію ского сыра. Ц. 75 к.
- Петровъ, И. П. Улучшеніе луговъ Ц. 10 к.
- Петровъ, И. П. Поле въ горькая. Ц. 10 к.
- Петровъ, И. П. Костеръ безъостный. Ц. 10 к.
- Петровъ, И. П. Сорныя травы межинокъ Ц. 10 к.
- Петровъ, И. П. Медоносныя травы Ц. 10 к.
- Пѣвничій, В. И. Альбомъ плановъ для разбивки цвѣточныхъ садовъ, клумбъ и пр. Ц. 1 р. 50 к.
- Раговизнѣ, П. М. Варка зеленого сыра. Ц. 25 к.
- Риффесталь, К. Х. Изъ практики по кормленію дойваго скота.
- Семеновъ, С. Т. Выгодность содержанія молочныхъ коровъ. Ц.
- Симоновъ, М. И. Сибирская язва. Ц. 7 к.
- Слоницкій, Г. М. Овсякъ, сорное растеніе изъ сем. злаковыхъ.
- Тулайковъ, Н. М. О почвахъ. Изд. 3-е Ц. 25 к.
- Черняевъ, Д. А. Вѣчный календарь беременности с.-х. животныхъ. I
- Чижовъ, Я. И. Артельныя маслодѣлныя и артельныя лавки. Ц. 3
- Шарковъ, В. В. Ночное золото. Ц. 3 к.
- Юдинцевъ, М. П. Добываніе сѣмянъ клевера и тимopheевки. Ц.
- Янишевскій, М. Н. Кормленіе и содержаніе молочнаго скота въ крестьянскаго хозяйства. Ц. 10 к.